Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

März
3 / 2007
€ 6,50 / sFr 12,50

Die Todesstrahlen der Supersterne

Gammastrahlungsausbrüche – Erde in Gefahr?

TELESKOPTEST
Vier handliche Linsenfernrohre im Preis-Leistungs-Vergleich

KOSMISCHE ZWILLINGE
Doppelsterne sind die Regel, Einzelgänger die Ausnahme

EXKLUSIVE DVD
Spacefiles: 30 Minuten Filmmaterial aus dem Weltraumlexikon

NEUE FOTOS VOM ROTEN PLANETEN
Marssonden und Rover liefern spektakuläre Bilder

60463
03
4 196046 306506

Oliver Dreissigacker
Redaktionsleiter

Jagd nach einem Phantom

Liebe Leserinnen und Leser, sicherlich haben Sie nicht nur durch www.astronomie-heute.de von der Entwicklung des Ausnahmekometen C/2006 P1 (McNaught) erfahren – sämtliche Medien haben schließlich früher oder später, ausführlich oder knapp, fundiert oder oberflächlich berichtet. Aber natürlich kann nichts den Anblick des Schweifsterns am Himmel ersetzen.

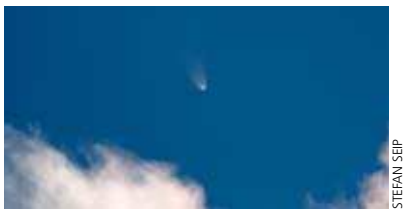
Haben Sie ihn gesehen? Wir nicht. Stephan Fichtner, Alexander Kerste und ich standen mehrere Male mit Feldstecher und Weitwinkelfernrohr auf der Dachterrasse des Verlagsgebäudes. Frank Schubert blieb im Büro und bewies damit mehr Gespür für das Wetter im Oberrheingraben: Denn Wolken und Dunst ließen uns an allen Tagen keine Chance. Der hellste Komet seit dreißig oder vierzig Jahren, heller als Sirius, sogar noch in der hellen Dämmerung sichtbar, und doch: Fehlanzeige.

Als wäre das noch nicht frustrierend genug, erreichten uns jeden Tag einige neue Fotos unserer Leser – eins beeindruckender als das andere. Allen zum Trost, die wie wir leer ausgingen, zeigen wir Ihnen eine große Auswahl dieser Bilder in den Glanzlichtern der aktuellen Ausgabe, während McNaught schon wieder Kurs nimmt auf seinen Herkunftsort: das äußere Sonnensystem.

Galaktische Ahnenforschung – um die Klärung von Herkunft und Verwandtschaftsbeziehungen geht es in gleich mehreren Artikeln: in unserer Titelstory unter anderem um die Beziehung zwischen kurzen und langen Gammastrahlungsausbrüchen. Der vierte Teil der Tierkreis-Safari beschäftigt sich mit kosmischen Zwillingen, und die amerikanischen Orbiter am Marshimmel sowie ihre Rover-Cousins am Boden erzählen eine faszinierende Bildergeschichte vom Roten Planeten.

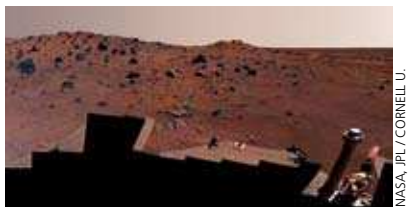
Grand mit vier – in unserem großen Teleskoptest hat Stefan Seip Premiumfernrohre unter die Lupe genommen. Denn wer sich ein solches Instrument zulegt, will natürlich sichergehen, dass die Bildqualität keine Wünsche offen lässt. Sehen Sie sich also die Testergebnisse an – und ermitteln Sie Ihren ganz persönlichen Gewinner.

Viel Gewinn an dieser Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE wünscht herzlichst Ihr



STEFAN SEIP

Über den Wolken – wer McNaught sehen wollte, musste den Wettergöttern opfern!



NASA, JPL / CORNELL U.

Brüderpaar auf großer Fahrt: Spirit und Opportunity sind unermüdlich auf dem Mars unterwegs

STEFAN SEIP

Linsen für Feinschmecker! Die vier erlesenen Refraktoren unseres großen Teleskoptests

INHALT

WISSEN

Astro News 10
Chinesen beschießen Satelliten, Milchstraße berührt Andromeda-Galaxie, Planeten mit Sturzgeburt u. v. a.

Das Universum des Adam Elsheimer 16
Der Maler des frühen 17. Jahrhunderts schuf ein Bild vermutlich schon mit Hilfe eines Fernrohrs

▶ **Zwillinge im All** 24
Sterne entstehen heute nur noch selten – und wenn, dann meist als Paar

▶ **Fototermin auf dem Mars** 28
Die Nasa-Rover liefern verblüffende Bilder vom Roten Planeten

▶ **Gamma-Ausbrüche** 32
Wann und wo entstehen sie? Können wir von ihnen getroffen und ausgelöscht werden?

BEOBACHTUNG

Schauplatz Mond 42
Im Lauf eines Monats zeigt unser Begleiter viele Gesichter

Sterntafel 46
Eine Übersicht über den Sternhimmel um Mitternacht

Feldstechertipp 48
Die Spiralgalaxie NGC 2403 im Sternbild Giraffe

Planetarium 49
Show-down am Mond – der Erdtrabant bietet in den nächsten Wochen eine Mondfinsternis

wis
wissenschaft in die schulen!

SZENE

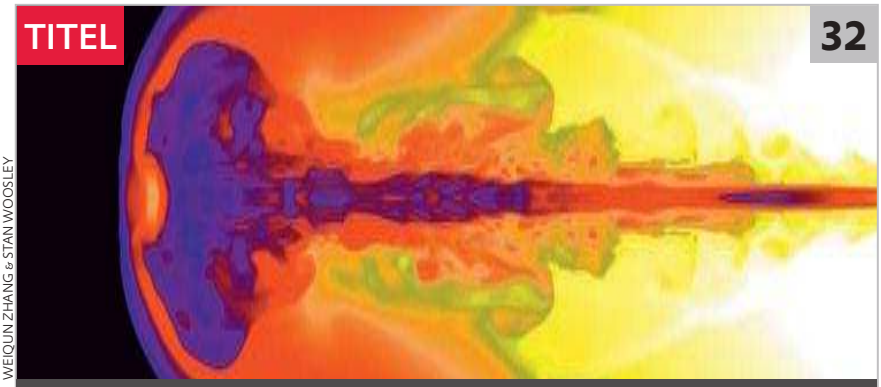
Unterwegs 53
Fliegende Kugeln – damit wollen private Raumfahrer künftig ins All starten

Porträt 56
Kosmologie am Südpol: die Balzan-Preisträger Paolo de Bernardis und Andrew Lange im Interview

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▲ gekennzeichnet

Déjà-vu 28
Viele Fotos der Marsrover kommen uns irgendwie bekannt vor – sie könnten ohne Weiteres in Wüstengebieten auf der Erde aufgenommen worden sein

NASA, JPL / CORNELL U.



WEIQUN ZHANG & STAN WOOSLEY

TITEL 32

Todesstrahlen der Supersterne
Forscher, die Gamma-Ausbrüche simulieren, brauchen Supercomputer

ALTE PINAKOTHEK MÜNCHEN

16

Ein Jahr vor Galilei?
Bereits im Jahr 1609 stellte Adam Elsheimer in seinem Bild »Flucht nach Ägypten« einen realistischen Himmel dar. Benutzte der Maler damals schon ein Teleskop?

BPK / STAATSBIBLIOTHEK BERLIN

24

Doppelt hält besser
Einzelgänger wie unsere Sonne sind im Kosmos eher die Ausnahme. Die meisten Sterne treten paarweise auf

60

STEFAN SEIP

Zwerge ohne Fehler

Vier farbreine Linsenteleskope kämpfen im AH-Test um die beste Bewertung

53

STEPHAN GÜNTHER

Blick in die Zukunft

Von Mondgefährten und Weltraumfahrstühlen – beim X-Prize-Wettbewerb zeigt sich, wohin die private Raumfahrt steuert

AH, EMDE-GRAFIK

76

Der Wasserplanet

Warum gibt es nur auf der Erde Leben? Sonja und Lunic erkunden die Geheimnisse unseres Planeten

TIPPS

Testreport 60
Grand mit Vieren:
Edellinsen im Vergleich

Neuheiten 68
Ausrüstung in der Oberklasse

Glanzlichter 70
Unsere Leser jagten den Kometen McNaught

Hochglanz 74
Viel hilft viel bei Planetenbildern

AH-Junior 76
Was unsere Erde so besonders macht

Einsteigerecke 80
Blick ins tiefe Universum

Bücher 84

TV & Events 86
Fernsehtipps und Veranstaltungen

Editorial 3 • Leserbriefe 8 • Leser fragen – Experten antworten 9 • Kleinanzeigen 87 • Preisrätsel 88 • Astromarkt 89 • Vorschau / Impressum 90

Titelbild: Ein sterbender Wolf-Rayet-Stern bildet wärend der Supernova-Explosion Jets aus, die sich durch seine Hülle bohren und Gammastrahlen erzeugen

Titelillustration: S & T, Casey B. Reed;
Foto rechts unten: Nasa, JPL / U. Arizona

AUS DER REDAKTION

Spacefiles

ASTRONOMIE HEUTE bietet Ihnen auf dieser DVD drei zehnminütige Beiträge: Der Mars – Die Eroberung des Alls – Schwarze Löcher zum Kennenlernen.

Vom Big Bang bis zu Schwarzen Löchern präsentiert die Reihe »Spacefiles« das heutige Wissen über das Weltall. Dabei erfahren Sie viel über die Geschichte der Astronomie, über moderne Teleskope und die Suche nach Leben im All

mehr auf S. 35

NEUHEITEN

Spektrum der Wissenschaft

Astronomieprofessor Jim Bell gehört zu den Wissenschaftlerteams verschiedener Marsmissionen und fasst den neuesten Kenntnisstand zum Thema »Wasser auf Mars« zusammen

Sterne und Weltraum Special

Erkunden Sie unsere kosmische Heimat – dieser Band zeichnet das neue Bild der Milchstraße

Sterne und Weltraum

Wegweiser zum Himmelspol: die Grabkorridore der ägyptischen Pyramiden; Neues von den Superstrings: die Suche nach den Fundamenten des Universums; u. v. m.

Kosmopod

KOSMOpod
STERNE UND WELTRAUM
ASTRONOMIE HEUTE

Das Neueste aus den Redaktionen von ASTRONOMIE HEUTE und Sterne und Weltraum finden Sie als MP3-Datei zum Herunterladen unter www.kosmopod.de

Nie wieder etwas verpassen!

Lassen Sie sich bequem per E-Mail an den Erstverkaufstag erinnern – mit dem gesamten Inhaltsverzeichnis der neuen Ausgabe. Kostenlose Anmeldung unter www.spektrum.com/newsletter

Unsere kosmische Heimat

Welches ist unser Platz im Milchstraßensystem? Wie sieht die sonnennahe Umgebung in der Galaxis aus? Was wissen wir über Struktur und Entwicklung der Milchstraße? Dieses »Special« gibt Antworten! Im Handel seit dem 22. 12. 2006. Mehr unter www.suw-online.de

Dynamischer Mars

Die neuesten Erkenntnisse über den Roten Planeten – gewonnen mit Hilfe der internationalen Armada von Raum-sonden und Marsrovern.

In Sterne und Weltraum 3/2007, im Handel ab Dienstag, den 20. 2. 2007, www.suw-online.de

Wasser auf dem frühen Mars

Neue Ergebnisse von Sonden in der Umlaufbahn sowie den Rovern Spirit und Opportunity zeigen, dass es auf Mars womöglich lange Zeit Gewässer gab. Sollten diese Perioden erdähnlicher Bedingungen lang angedauert haben, hätte Leben entstehen und sich entwickeln können. In Spektrum der Wissenschaft, Februar 2007, S. 72

www.spektrum.de/artikel/861878

Komet McNaught war Anfang Januar am Abendhimmel zu beobachten. Jetzt ist er nur noch von der Südhalbkugel aus zu sehen.

AH / STARRY NIGHT

Umlaufbahn

Wie verläuft die Bahn des Kometen McNaught? Isabel, Gräfelfing

Antwort der Redaktion:
Auf seiner Bahn ins Innere des Sonnensystems bewegte sich C/2006 P1 (McNaught) nördlich der Ekliptik. Seinen Periheldurchgang hatte der Schweifstern am Abend des 12. Januar nur wenig östlich der Verbindungslinie Erde-Sonne. Dabei wurde er heller als –2. Größe, zeigte sich aber nur in der hellen Dämmerung. Danach führte ihn seine Bahn auf die Südhalbkugel, wo er sich seitdem unseren Blicken entzieht.

Entartete Materie

Ein Neutronenstern besteht aus entarteter Materie. Einmal angenommen, man könnte aus einem solchen Stern einen Würfel mit einer Kantenlänge von einem Millimeter herausnehmen und diesen dem Gravitationseinfluss seines Sterns entziehen, würde die Materie dann wieder ihren ursprünglichen Zustand einnehmen? Gibt es überhaupt eine Bedingung, unter der entartete Materie wieder in ihren Ursprungszustand zurückkehren kann?

Heiko Jäschke, per E-Mail

Antwort von Markus Thoma, MPE, Garching:
So ein Experiment ist natürlich nicht durchführbar. Ich vermute aber, dass das Folgende passieren würde: Da Neutronen bei Abwesenheit von Gravitation keinen gebundenen Zustand bilden, wird der Neutronenwürfel in einzelne Neutronen zerfallen. Diese werden anschließend in Protonen und Elektronen weiter zerfallen (Beta-Zerfall). Die mittlere Lebensdauer freier Neutronen beträgt 887 Sekunden.

Neutronensterne können nicht in normale Materie zurückverwandelt werden. Allerdings gibt es ähnlich wie bei Weißen Zwergen eine Grenzmasse, oberhalb derer sie nicht existieren können. Diese liegt bei etwa zwei Sonnenmassen. Wenn ein Neutronenstern sie überschreitet, wird er zum Schwarzen Loch.

Sollte Materie, die Protonen und Neutronen enthält, nicht stabil sein, wie es einige Theorien in der Elementarteilchenphysik vorhersagen, müssten sich auch Neutronensterne in ferner Zukunft in Elektronen, Positronen und Neutrinos auflösen.

Untergang im Osten

»Der Grüne Blitz«, AH 12/2006, S. 30

Eine Stelle zu Beginn des Artikels hat mich stutzig gemacht. Der Autor schreibt, er habe im US-Bundesstaat New Jersey einen Sonnenuntergang über dem Atlantik beobachtet. Ich kenne die örtlichen Gegebenheiten nicht im Detail, aber auf der Weltkarte sieht es so aus, als ob der Atlantik östlich von New Jersey liegt. Da müsste die Sonne schon sehr weit im Norden untergegangen sein, um eventuell doch im Atlantik zu versinken.

Gibt es in New Jersey eine Stelle, von der aus man die Sonne im Atlantik versinken sehen kann? Oder wurde die Beobachtung vielleicht doch nicht in diesem Bundesstaat gemacht?

Max Bareis, Berlin

Antwort der Redaktion:
Fred Schaaf hat die Sonne über der etwa zwanzig Kilometer breiten Delaware-Bay untergehen sehen, also tatsächlich im Westen. Sein Standpunkt war das südliche Ende einer Halbinsel, Cape May, New Jersey, mit Blick ungefähr in Richtung von Baltimore oder Washington, DC. Die Wortwahl »Sonnenuntergang über dem Atlantik« war somit unglücklich gewählt und irreführend.

Falscher Planet?

»Preisrätsel«, AH 1-2/2007, S. 96

Die fünfte Frage des Preisrätsels lautet: »Preußischer Astronom, Entdecker des Uranus: Fünf Buchstaben.« Das kann nicht sein. Der Entdecker des Uranus hieß Herschel. Das sind acht Buchstaben. Ich gehe davon aus, dass der Entdecker des Neptuns gesucht wird. Der hieß Galle. Das passt. Oder liege ich da falsch?

Horst Sponheimer, Büttelborn

Antwort der Redaktion:
In der Tat hat sich der falsche Planet in die Frage eingeschlichen! Das tut uns Leid.

Weitere Einsendungen finden Sie auf unserer Homepage!

Sie können Ihre Leserbriefe im Internet unter www.astronomie-heute.de in ein Formular direkt unter dem jeweiligen Artikel eintragen. Diesen erreichen Sie über die Menüeinträge »Aktuelle Ausgabe« (Inhaltsverzeichnis), »Archiv« (Heftverzeichnis) oder durch Anklicken des Covers der Ausgabe.

Falls Sie Anregungen haben, können Sie diese unter www.astronomie-heute.de/leserbriefe eingeben. Oder Sie schreiben wie bisher per Post, Fax oder E-Mail an:

ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

»Leser fragen – Experten antworten«

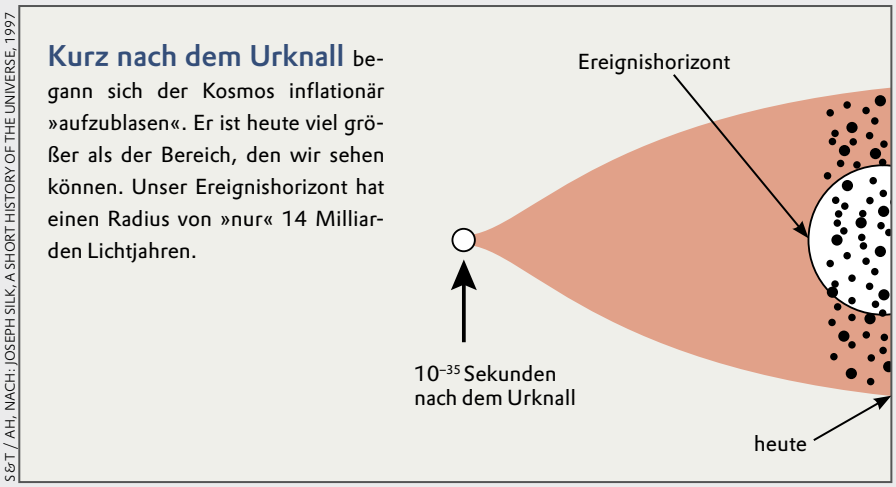
Warum hat uns die kurz nach dem Urknall entstandene kosmische Hintergrundstrahlung nicht schon längst überholt und ist über alle Berge? Warum ist sie immer noch nachweisbar? Dr. Gerald Frenkenberger, per E-Mail

Die Hintergrundstrahlung ist eine direkte Folge der Inflation, die wenige Bruchteile einer Sekunde nach dem Urknall für ein exponentielles Wachstum des noch jungen Universums sorgte. Angetrieben wurde dieses Wachstum von einer exotischen Energie, dem so genannten Inflaton-Feld. Dieses Energiefeld besaß die ungewöhnliche Eigenschaft, dass es sich nicht verdünnte und selbst in der Phase, als der Raum unglaublich expandierte, eine nahezu konstante Dichte behielt. Allerdings erwies es sich als instabil und zerfiel in Materie und Strahlung. Letztere können wir heute als kosmische Hintergrundstrahlung beobachten (AH 1-2/2006, S. 14, »Wie kommt der Knall in den Urknall?«). Es bleibt also festzuhalten, dass diese Strahlung nicht an einem speziellen Ort im Universum, sondern während der Expansion überall gleichzeitig entstand.

Kommen wir nun zur Größe des Alls. In den vergangenen 14 Milliarden Jahren kann sich das Licht nur 14 Milliarden Lichtjahre weit von seinem Ursprungsort wegbewegt haben. Das bedeutet aber nicht, dass das Universum einen Durchmesser von 14 Milliarden Lichtjahren besitzt. Es ist in der Tat erheblich größer als der Teil, den wir sehen können (unser »Ereignishorizont«), und es dehnt sich überall gleichmäßig aus. Auch ein einige Milliarden Lichtjahre von uns entfernter Beobachter hätte also einen Ereignishorizont von 14 Milliarden Lichtjahren und würde sich – ebenso wenig wie wir – dennoch nicht im Mittelpunkt des Universums befinden.

Ausgehend von diesen beiden Überlegungen lässt sich über die kosmische Hintergrundstrahlung Folgendes festhalten: Die Mikrowellenstrahlung, die uns heute erreicht, wurde in solcher Entfernung von uns ausgesandt, dass sie gerade lang genug unterwegs war, um jetzt bei uns anzukommen. Aber auch jenseits dieses Bereichs ist – wie wir vorhin gesehen haben – die kosmische Hintergrundstrahlung entstanden. Diese Strahlung können wir aber erst künftig messen, wenn sie lange genug »unterwegs« war, um uns zu erreichen. <<

Matthias Bartelmann ist Astrophysiker und forscht an der Universität Heidelberg. **Jürgen Brück** arbeitet als freier Journalist in Bonn.



Kurz nach dem Urknall begann sich der Kosmos inflationär »aufzublasen«. Er ist heute viel größer als der Bereich, den wir sehen können. Unser Ereignishorizont hat einen Radius von »nur« 14 Milliarden Lichtjahren.

S&T / AH, NACH: JOSEPH SILK, A SHORT HISTORY OF THE UNIVERSE, 1997

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

2. Internationale Astronomie-Messe

- Rahmenprogramm mit **Prof. Dr. R. Kippenhahn,** den Lesern dieser Zeitschrift bekannt durch seine Kolumne
- **Rückblick AME2006**

Weitere Bilder und Videos auf unserer Website

- **Wann/Wo?**
  22. September 2007
  78054 VS-Schwenningen
- **Fragen?**
  Tel.: 0741 2706210
  E-Mail: info@astro-messe.de

www.astro-messe.de

Im Rachen des Monsters
Die jungen, heißen Sonnen in der Sternentstehungsregion N 90 haben mit ihrer Strahlung das Gas und den Staub der Umgebung fortgeblasen.

NASA / ESA

STERNENTSTEHUNG

Junge Sterne werfen Licht auf die Vergangenheit

Eine neue Hubble-Aufnahme zeigt die Sternentstehungsregion N 90 in der Kleinen Magellanschen Wolke. Hier leuchten viele neugeborene Sonnen. Für die Astronomen ist die Region interessant, da sie sich deutlich von den Gegebenheiten in der Milchstraße unterscheidet.

Die Aufnahme wurde mit der »Advanced Camera for Surveys« (zu Deutsch etwa: fortgeschrittene Kamera für Himmelsdurchmusterungen) eingefangen, einer Weitwinkelkamera an Bord des Weltraumteleskops Hubble. Die jungen Sterne sind klar zu erkennen, sie leuchten hell und blau. Ihre Strahlung hat einen großen Hohlraum in die umgebenden Gas- und Staubwolken geblasen.

N 90 liegt etwa 200 000 Lichtjahre von der Erde entfernt. Für kosmische Verhältnisse ist das relativ nah. Die Astronomen können die Vorgänge in der Region also aus der »Nachbarschaft« heraus untersuchen.

Die Kleine Magellansche Wolke gehört zu den Zwerggalaxien. In ihr herrschen Verhältnisse ähnlich denen im jungen Universum. Zum Beispiel enthält sie relativ geringe Mengen an schweren Elementen, die erst nach dem Urknall im Innern von Sternen entstanden. Das macht sie so interessant. Forscher glauben, dass die großen Galaxien, die man heute beobachten kann, fortlaufend durch Verschmelzung vieler solcher kleinen Sterninseln wachsen. <<

WETTRÜSTEN IM ALL

Chinesen schießen Satelliten ab

Die Volksrepublik China hat mit einer Rakete einen eigenen Satelliten abgeschossen. Die USA sehen sich dadurch bedroht und fürchten um ihre Vormachtstellung im Weltraum. Der Abschuss könnte einen neuen Rüstungswettlauf auslösen. Bereits vor einigen Monaten sollen die Chinesen einen US-Militärsatelliten mit einem bodengestützten Laser geblendet haben, wie das Fachblatt »Aviation Week« meldete.

Amerikanischen Geheimdiensten zufolge wurde bei dem Raketentest am 11. Januar ein veralteter chinesischer Wettersatellit zerstört. Die Chinesen hätten vom Weltraumbahnhof Xichang (Südwestchina) aus eine ballistische Rakete abgefeuert, von der wiederum ein Geschoss gestartet sei, das den Orbiter getroffen habe. Wie »Aviation Week« berichtete, wurden die Reste des Fluggeräts schon wenige Tage später von mehreren Beobachtern gesichtet.

China setzt mit dem Raketentest ein Zeichen der Stärke. Vergleichbare Manöver hatten bislang nur die USA und die Sowjetunion bewältigt, die in den 1970er und 1980er Jahren Satelliten mit Raketen zerstörten. Mit ihrer Demonstration haben die Chinesen deutlich gemacht, dass sie US-Spionagesatelliten treffen können. Diese umkreisen die Erde in geringerem Abstand als der jetzt zerstörte chinesische Trabant. Die USA setzen bei ihrer militärischen Aufklärung – etwa im Antiterrorkampf – massiv auf Satelliten.

Laut »New York Times« könnte jetzt ein Wettrüsten im All einsetzen. Die USA, Japan, Australien und Kanada protestierten gegen den Abschuss. Allerdings sperrt sich die US-Regierung selbst gegen ein internationales Abkommen, das die Weltraumrüstung beschränkt. Erst im vergangenen Jahr legte George W. Bush eine Raumfahrtdoktrin fest, die stark auf amerikanische Interessen setzt und Rüstungsbeschränkungen im All weit gehend ignoriert. Sie besagt, dass künftige Sperrverträge für Weltraumwaffen ausgeschlossen sind, wenn sich die USA darin verpflichten müssten, auf Interventionen gegen potenzielle Gegner zu verzichten. <<

SONNENSYSTEM

Riesenplaneten entstehen schnell oder gar nicht

Gasriesen wie Jupiter oder Saturn bilden sich in jungen Planetensystemen offenbar in wenigen Millionen Jahren. Danach können sie nicht mehr entstehen, weil dann kein Baumaterial mehr vorhanden ist. Zu diesem Schluss kommt ein Team aus amerikanischen und deutschen Astronomen im Fachmagazin »Astrophysical Journal«.

Die Wissenschaftler nutzten das Weltraumteleskop Spitzer, um die Gas- und Staubscheiben um 15 sonnenähnliche Sterne zu untersuchen. Sie analysierten die Wärmestrahlung, die von solchen Scheiben ausgeht. Anhand der Messdaten konnten sie die Menge an warmem Gas in der Nähe der Sterne beziehungsweise an kaltem Gas weit draußen in den Scheiben schätzen.

Zu ihrer Überraschung stellten die Forscher bei allen 15 Sonnen fest, dass in deren Umkreis nur wenig Gas nachweisbar war. Innerhalb von einigen Astronomischen Einheiten um den jeweiligen Stern – das entspricht mehreren hundert Millionen Kilometern – betrug die Gesamtmasse des Gases höchstens ein Zwanzigstel der Jupitermasse. Selbst in jenen Systemen, die jünger waren als dreißig Millionen Jahre, trat dieser Befund auf.

NASA, JPL / CALTECH / SSC, TIM PYLE

Friss oder stirb Angehende Gasriesen haben nur wenig Zeit, um sich genügend Material einzuverleiben.

Offensichtlich, so schreiben die Forscher, verschwinden die Gas- und Staubscheiben um junge Sterne relativ schnell. Das bedeutet, dass die Entstehung von Gasplaneten rasch erfolgen muss: innerhalb einiger zehn Millionen Jahre. Danach ist in der Sternumgebung nicht mehr genügend Material vorhanden, damit sich daraus ein Gasriese formieren kann. <<

VERSCHOLLENE MARS-SONDE

Brachten Software-Fehler das Aus?

Nasa-Experten vermuten, dass Programmierfehler zum Verlust der Nasa-Sonde Mars Global Surveyor (MGS) führten. Beim Versuch, die Bordsoftware zu aktualisieren, seien fehlerhafte Daten übermittelt worden.

NASA, JPL

Im Juni wurde auf den Bordcomputer des Satelliten ein Programm aufgespielt, das zwei Flugprozessoren aufeinander abstimmen sollte. Zwei Speicherplatz-Adressen seien jedoch falsch gewesen, weshalb wichtige Werte überschrieben wurden, sagte John McNamee vom Marsforschungsprogramm der Nasa.

Infolge des Fehlers hätte die Sonde ihre Solarpaneele bis zum Anschlag gedreht, worauf der Bordcomputer den Sicherheitsmodus aktivierte. Dadurch hätte sich ein Kühlelement des Satelliten zur Sonne gedreht. Anschließend hätte sich die Stromversorgung des MGS überhitzt. <<

Mars Global Surveyor sendet seit November 2006 kein Lebenszeichen mehr.

NASA / ESA / ROBERT GENDLER

GALAXIEN

Berühren sich die Milchstraße und der Andromedanebel?

Neue Untersuchungen zeigen, dass die Andromeda-Galaxie (M 31) wesentlich größer ist als bislang gedacht. Demnach besitzt sie vermutlich einen Durchmesser von rund einer Million Lichtjahren. Es ist schon die zweite Größenkorrektur für Andromeda in jüngerer Zeit: Bereits vor anderthalb Jahren hatten Forscher den Durchmesser unserer großen Nachbargalaxie nach oben berichtigt (AH 9/2005, S. 10).

Die neue Messung basiert auf der Beobachtung Roter Riesen im Halo der Spiralgalaxie – jener spärlich bevölkerten Region um die galaktische Scheibe und den Kern der Galaxie herum. Die Untersuchungen wiesen noch 500 000 Lichtjahre vom Zentrum der Galaxie entfernt solche Riesensterne nach – das ist fast fünfmal so weit wie bisher angenommen. Ein Astronomenteam um Michael Rich von der University of California (Los Angeles) präsentierte die Ergebnisse auf der Jahrestagung der American Astronomical Society (AAS) in Seattle.

Der Andromedanebel entpuppte sich in neuerer Zeit wiederholt als überraschend groß.

Am Nachthimmel erstreckt sich der Andromedanebel somit nicht nur über einen Ausschnitt von zwei Grad – was etwa dem Gesichtsfeld von Amateurteleskopen entspricht –, sondern über satte dreißig Grad. Das übersteigt die Ausdehnung des Großen Wagens von der Deichselspitze bis zum Ende des Kastens!

Der Abstand der Milchstraße zu M 31 beträgt von Zentrum zu Zentrum etwa 2,2 Millionen Lichtjahre. Nimmt man an, dass auch unsere Galaxis größere Abmessungen hat als bislang vermutet, so würden sich die Halos der beiden Sternsysteme fast berühren. <<

PLANETEN

Geheimnis des Merkur-Magnetfelds gelüftet?

Ein deutscher Forscher hat eine Erklärung dafür gefunden, warum das Magnetfeld des Merkurs so schwach ist. Die Ursache liegt vermutlich in einer besonderen Schichtung des flüssigen Planetenkerns, schreibt Ulrich Christensen vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Katlenburg-Lindau (MPS) im Fachmagazin »Nature«.

Die US-amerikanische Weltraumsonde Mariner 10 war 1974 und 1975 am Merkur vorbeigeflogen und hatte dabei dessen Magnetfeld vermessen. Ihren Daten zufolge herrscht auf der Oberfläche des Planeten eine mittlere Feldintensität von 450 Nanotesla. Zum Vergleich: Das irdische Magnetfeld auf Höhe des Meeresspiegels ist etwa hundertmal stärker.

Das Erdmagnetfeld entsteht durch einen »Geodynamo«. Flüssiges Eisen im äußeren Erdkern steigt zum Erdmantel auf, wo es abkühlt. Anschließend sinkt es wieder nach unten. Das Eisen fließt in Kreisläufen, die man als Konvektionsströmungen bezeichnet. Weil unser Heimatplanet rotiert, verwirbelt das Metall während seiner Auf-und-ab-Bewegungen. Es bildet sich ein kompliziertes Strömungsmuster mit so genannten Konvektionswalzen.

Flüssiges Eisen ist elektrisch leitfähig. Wenn es sich bewegt – so wie im Innern unseres Planeten –, fließt ein elektrischer Strom. Mittels elektromagnetischer Induktion erzeugt dieser Strom ein Magnetfeld, das nach außen dringt und als Erdmagnetfeld in Erscheinung tritt.

Würde sich im Merkur der gleiche Prozess abspielen, wäre sein Magnetfeld bedeutend stärker. Es muss also irgendwelche Unterschiede zur Erde geben. Laut Christensen bestehen sie darin, dass der Dynamo in den äußeren Bereichen von Merkurs flüssigem Eisenkern nicht funktioniert. Die Schmelze dort sei stabil geschichtet, weshalb in ihr keine Konvektionsströmungen stattfänden. Der Dynamo arbeite nur tief im Innern des Kerns.

Die geringe magnetische Feldstärke auf der Merkuroberfläche, so der MPI-Physiker weiter, rühre vor allem daher, dass das Magnetfeld im Innern des Planeten abgeschwächt wird, während es die stabilen äußeren Schichten des Kerns durchdringt. Nur diejenigen Feldanteile, die sich sehr langsam ändern, kämen teilweise hindurch. Verantwortlich dafür sei der Skineffekt, ein physikalischer Prozess, der schnell wechselnde elektromagnetische Felder aus dem Innern von elektrischen Leitern verdrängt.

Christensen kann mit seinen Modellrechnungen vorhersagen, an welchen Stellen des Merkurs dessen Magnetfeld stärker oder schwächer sein müsste. Er hofft, dass künftige Weltraumsonden, die den Planeten besuchen – zum Beispiel die Nasa-Sonde Messenger oder die europäische Sonde Bepi Colombo –, seine Ergebnisse überprüfen können. <<

Seen auf dem Titan entdeckt

Auf der Oberfläche des Saturnmonds Titan gibt es zahlreiche Seen. Das berichtet ein internationales Forscherteam.

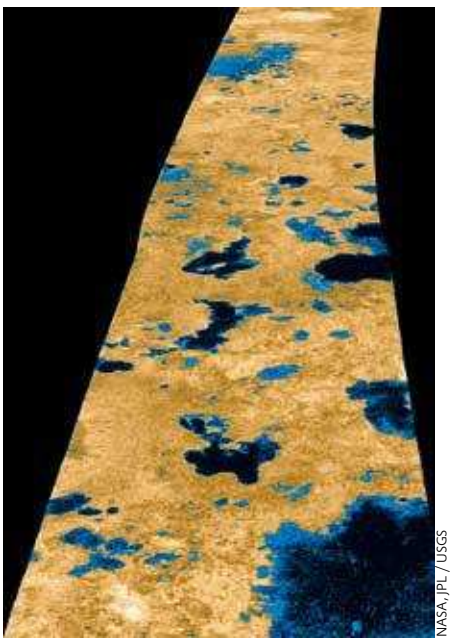
Am 22. Juli 2006 flog die US-amerikanische Raumsonde Cassini am Titan vorbei. Mit Hilfe ihres Bordradars tastete sie dabei ein Gebiet auf der Oberfläche des Monds ab. Das untersuchte Gelände war etwa 6000 Kilometer lang, 500 Kilometer breit und erstreckte sich in den hohen nördlichen Breiten des Himmelskörpers fast bis zu seinem Nordpol.

Auf der Radarkarte, die Cassini aufzeichnete, sind dunkle Flecken zu erkennen, die bis zu siebzig Kilometer Durchmesser haben. Es handelt sich wahrscheinlich um Gebiete mit sehr glatter Oberfläche. Manche Flecken sind kreisrund, andere unregelmäßig geformt. In ihrer Nähe finden sich häufig gewundene Linien, die Flussläufen ähneln.

Aus den gewonnenen Messdaten schließen die Forscher, dass es sich bei den dunklen Flecken um Seen handelt. Allerdings können es keine Gewässer sein, dafür ist es auf der Oberfläche des Titans mit minus 180 Grad Celsius viel zu kalt. Die mutmaßlichen Titanseen müssen aus flüssigen Kohlenwasserstoffen bestehen, womöglich aus einem Methan-Ethan-Gemisch.

Einige Seen liegen in Vertiefungen. Deren Ränder sind auf den Fotos deutlich zu erkennen. Die Bilder zeigen, dass der Flüssigkeitsspiegel oft nicht an die Ränder der Senken heranreicht. Manche Becken enthalten sogar überhaupt keine Flüssigkeit. Es scheint, als seien die Titanseen zum Teil ausgetrocknet.

Wie die Forscher schreiben, könnten sich die Seen im Winter durch verstärkte Methan-Niederschläge füllen und im Sommer wieder austrocknen. <<



NASA, JPL / USGS

Kein Ort zum Baden Die Seen auf dem Titan haben vermutlich eine Temperatur von minus 180 Grad.

TMB Apochromaten - MADE IN GERMANY -

TMB apochromatische Refraktoren sind aufgrund Ihrer besonders hohen optischen aber auch mechanischen Qualität weltbekannt. Was viele nicht wissen, diese Teleskope wurden schon immer, seit 1998, in Deutschland hergestellt und das macht uns Stolz. Nächstes Jahr feiern wir die zehnjährige Produktion dieser Edel-Apo s.
Hier eine kleine Übersicht was wir alles liefern. Bis 254 mm Durchmesser mit weniger als drei Monate Lieferzeit. Auf Wunsch liefern wir die Durchmesser von 80 mm bis 180 mm auch mit sehr schönen Kohlefasertuben. Jede Optik ist für sich ein Meisterwerk.

APM TELESCOPES

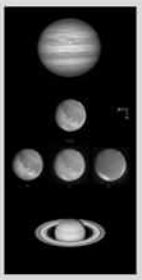
Dreilinsige Super ED Apochromaten mit Luftspalt:

Durchmesser	Brennweite	Öffnungsverhältnis
80 mm	480 mm	F/6
80 mm	600 mm	F/7.5
102 mm	800 mm	F/7.8
105 mm	650 mm	F/6.2
115 mm	805 mm	F/7
130 mm	780 mm	F/6
130 mm	1200 mm	F/9.2
152 mm	1200 mm	F/7.9
175 mm	1400 mm	F/8
180 mm	1260 mm	F/7
203 mm	1400 mm	F/6.9
203 mm	1800 mm	F/8.9
228 mm	2050 mm	F/9
254 mm	2250 mm	F/9
280 mm	2800 mm	F/10
304 mm	2280 mm	F/7.5
304 mm	3600 mm	F/12
330 mm	3960 mm	F/12

Dreilinsige Super ED Apochromaten mit Luftspalt:

Durchmesser	Brennweite	Öffnungsverhältnis
356 mm	4270 mm	F/12
530 mm	6500 mm	F/12

Sonderanfertigungen jeglicher Öffnung bis 500 mm Durchmesser sind möglich. Genauere Informationen erhalten Sie hierzu im persönlichen Gespräch mit uns.



APM-Telescopes
Poststr. 79 66780 Rehlingen
Tel.: 06835-500671 Fax: 06835-500673
E-Mail: anfrage@apm-telescopes.de
www.apm-telescopes.de

Dortmunder Science Fiction Convention

Nancy Kress
Internationaler Ehrengast/Literatur

Kai Meyer
Nationaler Ehrengast/Literatur

Mario Moritz
Grafik-Ehrengast

Wissenschaft
Raumfart
Zukunft
Phantastik
Kunst

Interviews
Panels
Lesungen
Show
Workshops

17./18. März
Fritz-Henßler-Haus
Geschwister-Scholl-Straße 33-37
Dortmund-Innenstadt
www.DORTcon.de

DORT.con

FOTOS DIESER DOPPELSEITE: ESA / EAC

INTERNATIONALE RAUMSTATION

Mit bleischweren Gliedern zur Pressekonferenz

Es kommt mir vor, als sei ich aus einem Traum erwacht, so unwirklich ist das«, beschreibt Thomas Reiter sein Gefühl, wenn er Bilder von seiner Langzeitmission »Astrolab« zur Internationalen Raumstation ISS betrachtet. Dabei ist es gerade einmal vier Wochen her, dass der Astronaut trotz wolkenverhangenen Himmels am 22. Dezember mit dem Spaceshuttle Discovery wieder sicher auf der Erde landete. Wie im Flugzeug sei die Landung gewesen: »Man fühlt sich super – aber nur so lange, bis man aufsteht: Mein Körper war tonnenschwer«, erzählt Reiter, als er am 18. Januar der deutschen Presse zum ersten Mal von seinem 171-tägigen Aufenthalt im All berichtet.

Insgesamt 19 Experimente absolvierte der Deutsche an Bord der ISS, hinzu kamen didaktische Projekte mit Schülern und Studenten. Eindrucksvoll schilderte er seinen sechsstündigen Außenbordeinsatz, der zunächst mit einer Panne begann: »Wir bekamen die Ausstiegsluke nicht geöffnet. Da wurde ich schon ziemlich kribbelig, ob wir den Zeitplan einhalten können.« Am Ende lief dann aber nicht nur alles glatt – Reiter und sein Kollege Jeff Williams schafften das geplante Pensum sogar zwei Stunden schneller als vorgesehen, sodass noch genug Zeit blieb, um die nächsten Außenbordeinsätze vorzubereiten und den Ausflug ins All zu genießen.

Wiedersehen macht Freude

»Besuch« bekam Reiter gleich mehrmals. Anfang September brachte ein Raumfahrerteam zwei Sonnenbatterien und blieb zehn Tage, um diese an der ISS zu installieren. Am 20. September dockte eine weitere Crew an und diesmal war die Weltraumtouristin Anousheh Ansari dabei. »Die Raumstation ist wirklich kein Platz für Touristen«, sagt Reiter, »dennoch war Anoushehs Besuch eine sehr angenehme Abwechslung.« Noch mehr hat sich Reiter darüber gefreut, seinen Kollegen und Freund Christer Fuglesang im All zu treffen: Dieser kam im Dezember mit dem Spaceshuttle Discovery, das Reiter wieder auf festen Boden brachte.

Bevor es allerdings zurück zur Erdoberfläche ging, standen für Fuglesang zunächst zwei Außenbordeinsätze an: Die Sonnenbatterien mussten in Betrieb genommen werden. »Das ist nicht so leicht wie zu Hause: Stecker raus und woanders rein«, stellt Reiter klar. »Sie können nicht mal eben die Rechner, das Kühlanlagensystem oder andere Lebenserhaltungssysteme ausschalten.« Als sich die Sonnensegel nicht automatisch einziehen wollten, musste Fuglesang noch ein drittes Mal ins Freie. »Dazu war es nötig, sämtliche Werkzeuge mit Klebeband zu isolieren«, erzählt Reiter, denn auf den Solarzellen herrscht eine Spannung von 160 Volt.

Der Alltag an Bord der ISS sei jedoch nicht immer so aufregend. »Viel Zeit ver-

Gespräch unter Profis Thomas Reiter (rechts) mit seinem Chef Michel Tognini, dem Leiter des Europäischen Astronautenzentrums. Beide flogen zuerst mit russischen Missionen und später mit Spaceshuttles.

wendet man auch darauf, einfach den Betrieb der Station am Laufen zu halten«, so Reiter. Im Vergleich zur russischen Raumstation Mir, die der Deutsche bei seinem ersten Langzeitflug »Euromir 95« kennen lernte, gäbe es auf der ISS mehr Fitnessmöglichkeiten: »Dort kann man sich schon heimisch fühlen.«

Doch obwohl er viel trainiert hat, musste der Astronaut zurück auf der Erde noch einiges tun, um seinen Körper wieder an die Schwerkraft zu gewöhnen. »Ich schwimme jetzt gern«, erzählt Reiter, »das kommt der Schwerelosigkeit am nächsten.« Trotz der Strapazen habe er die Nase bei Weitem noch nicht voll. Bevor er seinen nächsten Raumflug plane, habe aber auch seine Familie noch ein Wörtchen mitzureden, so Reiter. Sie hätte ihn in der letzten Zeit lange und oft entbehren müssen. <<

Ulrike Sinzel ist AH-Korrespondentin für die Region Niederrhein und die Kölner Bucht.

Reiters Astrolab-Mission

- Start mit dem Spaceshuttle Discovery am 4. 7. 2006, 20.38 Uhr MESZ in Florida (Flug STS-121)
- Ankoppeln an die Internationale Raumstation am 6. 7., 16.52 Uhr. Reiter wird als erster Europäer Mitglied einer ISS-Expedition
- Außenbordeinsatz am 3. 8. (Foto) mit Jeffrey Williams – Europarekord!
- Zweiter Rekord, 4. 8.: Esa-Astronaut mit längstem Aufenthalt im All
- Rückkehr mit der Atlantis (STS-116), Landung am 22. 12. 2006 in Florida

Das Universum des Adam Elsheimer

Die vermutlich erste bildliche Darstellung des gestirnten Himmels, die mit Hilfe eines Fernrohrs entstand, hing fast vierhundert Jahre unerkannt in Gemäldegalerien. **>> Gerhard Hartl**

Es waren holländische Brillenmacher, die kurz nach 1600 vermutlich durch Ausprobieren verschiedene Linsen so miteinander kombinierten und in einen Tubus einbauten, dass man entfernte Gegenstände vergrößert sah. Von diesen ersten Fernrohren ist leider keines erhalten. Nachrichten über die Erfindung des Fernrohrs und die Verbreitung der ersten Exemplare dieses für die Astronomie so bedeutenden Instruments sind spärlich. Galileo Galilei standen ab Mai oder Juni 1609 drei stark vergrößernde Fernrohre zur Verfügung, spätestens ab Oktober 1609 beobachtete er damit den Nachthimmel. Seine in »Sidereus Nuncius« im März 1610 veröffentlichten Mond- und Himmelsabbildungen waren bisher als die ersten des nächtlichen Himmels bekannt, die mit Hilfe eines Fernrohrs entsanden.

Ein nur 30 mal 41 Zentimeter großes Bild der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen in der Alten Pinakothek in München zwingt nun zum Umdenken: Adam Elsheimers (1578–1610) auf Kupfer gemaltes Werk »Flucht nach Ägypten«. Es gilt als das erste Gemälde in der Renaissancemalerei mit einer naturnahen Darstellung des nächtlichen Himmels. Das Bild wird auf den Sommer 1609 datiert und zeigt Details, von deren Existenz der Maler nur durch Fernrohrbeobachtung des realen Himmels Kenntnis haben konnte: den Aufbau der Milchstraße aus einzelnen Sternen und mindestens drei Kraterstrukturen auf der Mondoberfläche.

Im Vordergrund in der Mitte des Bilds ist die Heilige Familie zu sehen, wie sie sich nach Einbruch der Dunkelheit – nach links – einem Lagerfeuer nähert, an dem Hirten sich wärmen. Über der Szene spannt sich ein prächtiger Sternhimmel. Die rechte Bildseite wird vom Vollmond dominiert. Er leuchtet inmitten eines lockeren Wolkenfelds und spiegelt sich sogar in einem Weiher. Das schimmernde Band der Milchstraße zieht sich diagonal über die linke Hälfte des Gemäldes. Auf den ersten Blick beeindruckt die detaillierte Darstellung des Himmels. Sie wirkt sehr realistisch. Gut zu erkennen sind die Einzelsterne, aus denen die Milchstraße besteht, ebenso die Strukturen auf der Oberfläche des Monds.

Dem Betrachter bieten sich differenzierte Helligkeitsabstufungen und eine gut beobachtete Verteilung der Einzelsterne. Einige Gruppierungen erinnern sogar an bekannte Sternbilder. Das Gemälde vermittelt den Eindruck, als sei der dort abgebildete Nachthimmel aus einer sehr genauen Naturbeobachtung heraus entstanden und zeige eine ganz bestimmte Himmelsansicht.

Auf Anregung der Alten Pinakothek in München habe ich mich gemeinsam mit meinen Kollegen vom Deutschen Museum ausführlich mit den astronomischen Inhalten des Bilds befasst. Handelt es sich hierbei wirklich um eine reale, vielleicht sogar einem bestimmten Datum zuzuordnende Himmelsansicht? >

Abendstimmung Verblüffende Details zeigte Adam Elsheimers Werk »Flucht nach Ägypten« schon im Jahr 1609: Er malte mehr als 1200 Sterne in den Himmel.

ADAM ELSHEIMER, FLUCHT NACH AGYPTEN, 1609; ALTE PINAKOTHEK MUNCHEN

Wissen aus erster Hand

Jetzt abonnieren!

Bei uns finden Sie das Wissen der Experten: kompetent, authentisch, verständlich.

Preisvorteil: Als Abonnent von ASTRONOMIE HEUTE erhalten Sie alle zehn Ausgaben pro Jahr zum Vorzugspreis von nur € 56,– (ermäßigter Preis auf Nachweis: € 50,–) inkl. Umsatzsteuer und Porto Inland geliefert. Bei Versand ins Ausland werden nur die Mehrkosten berechnet.

Zusätzlich erhalten Abonnenten kostenlosen Zugang zu unserem Online-Archiv mit über 1000 bereits in ASTRONOMIE HEUTE erschienenen Artikeln sowie die Möglichkeit, spektrum**direkt**, die Wissenschaftszeitung im Internet, günstiger zu abonnieren.

Als Dankeschön für Ihre Bestellung schenken wir Ihnen wahlweise die Uhr »Pioneer« oder das Buch »Kippenhahns Sternstunden«.

Eine Bestellmöglichkeit finden Sie auf dem Beihefter oder unter:

www.astronomie-heute.de/abo

Unser Dank für Ihre Bestellung:

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT Verlagsgesellschaft mbH | Slevogtstr. 3–5 | 69126 Heidelberg | Leserservice | Tel.: 06221 9126-743 | Fax: 06221 9126-751 | service@spektrum.com

MIT FRDL. GEN. DES DEUTSCHEN MUSEUMS MÜNCHEN

Nachbau des Galilei-Fernrohrs Als Vorlage diente das Originalteleskop von 1610, das im Museo di Storia della Scienza in Florenz erhalten ist. Die Brennweite der Objektivlinse beträgt 1330 Millimeter.

> Bisher hatten sich nur Kunsthistoriker damit beschäftigt und waren dabei teilweise zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen gekommen.

Die handschriftliche Signatur auf der Rückseite des Gemäldes »Adam Elsheimer fecit Romae 1609« belegt den Zeitpunkt und den Entstehungsort des Bilds. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass auch der Himmel so dargestellt ist, wie ihn der Maler irgendwann im Jahr 1609 von Rom aus gesehen hat.

Morgen- oder Abendstimmung?

Uns Astronomen interessierten hier die Milchstraße, der Vollmond und einige scheinbar markante Sterngruppierungen. Eine tageszeitliche Einordnung des Bilds ist durch den Mond möglich. Der Vollmond über dem Horizont gibt zwingend vor, dass sich das geschilderte Ereignis entweder am Abend, also beim Aufgang unseres Trabanten kurz nach Sonnenuntergang in östlicher Richtung, oder am Morgen, beim Untergang desselben kurz vor Sonnenaufgang in westlicher Richtung, zutrug. Für die Abendszene spricht die Darstellung der Hirten und der Tiere am Feuer. Man denkt eher an ein frisch aufgeschlagenes Lager am Ende des Tages als an einen Aufbruch frühmorgens. Die hochschlagenden Flammen scheinen gerade entzündet, Hirten und Tiere machen einen müden Eindruck, die Heilige Familie bewegt sich auf die Lagernden zu, um sich einen Schlafplatz zu suchen.

Nun werden die erfahrenen Himmelsbeobachter unter den Lesern sofort einwenden, dass man die Milchstraße und den Vollmond gleichzeitig am Himmel gar nicht sehen kann. Der helle Mond überstrahlt das viel lichtschwächere Sternenband. Dieser Widerspruch löst sich aber auf, wenn wir uns die Entstehung des Werks vor Augen führen: Es ist nicht das Ergebnis einer einzelnen Nacht, also die Darstellung einer einzigen realen Situation, sondern vereint die Beobachtungen mehrerer Wochen, wenn nicht sogar Monate. Manche Einzelheiten sind dabei aus dem Gedächtnis gemalt (Elsheimer war unter seinen Zeitgenossen berühmt für sein ungewöhnliches Bildergedächtnis), andere wurden in Skizzen festgehalten und später übertragen. Letztlich ist das Werk eine Komposition aus einzelnen Details, die den Maler besonders beeindruckt haben. Sowohl der Vollmond als auch die Milchstraße gehörten sicher dazu. Er hat sie zu einem prächtigen Bild des Nachthimmels zusammengefügt. Die Frage ist jedoch, ob sich dann aber diese Komposition aus Einzeldarstellungen überhaupt noch sinnvoll astronomisch deuten lässt.

Zu einem verblüffenden Ergebnis kommt man, wenn man den Himmel des Gemäldes ohne Einschränkungen mit einer modernen Computersimulation vergleicht und versucht, ihn einer tatsächlichen Situation des Jahres 1609 zuzuordnen. Wir haben den Versuch unternom- >

> men und hierzu das Programm Redshift der Firma United Soft Media in München verwendet. Wichtig für eine solche Untersuchung sind nicht nur die zeitlichen (alle Vollmondabende des Jahres 1609) und geografischen Rahmendaten (Rom, 41° 54′ nördliche Breite und 12° 29′ östliche Länge), sondern auch die Vorgabe, welchen Blickwinkel der Elsheimer'sche Himmel umfasste. Wir haben ihn sowohl nach den landschaftlichen als auch den astronomischen Motiven auf 115° in der Breite und 85° in der Höhe geschätzt. Gibt man dem Programm noch vor, dass es nur Sterne bis maximal sechster Größenklasse anzeigen und den Himmel in östlicher Richtung darstellen soll, lassen sich alle Vollmondabende des Jahres 1609 durchspielen. Nur an einem Termin entspricht die Neigung der Milchstraße relativ zum Horizont in etwa den 35 Grad im Elsheimer'schen Bild und zeigt gleichzeitig den Vollmond an der von ihm gemalten Stelle: Es handelt sich um den 16. Juni 1609.

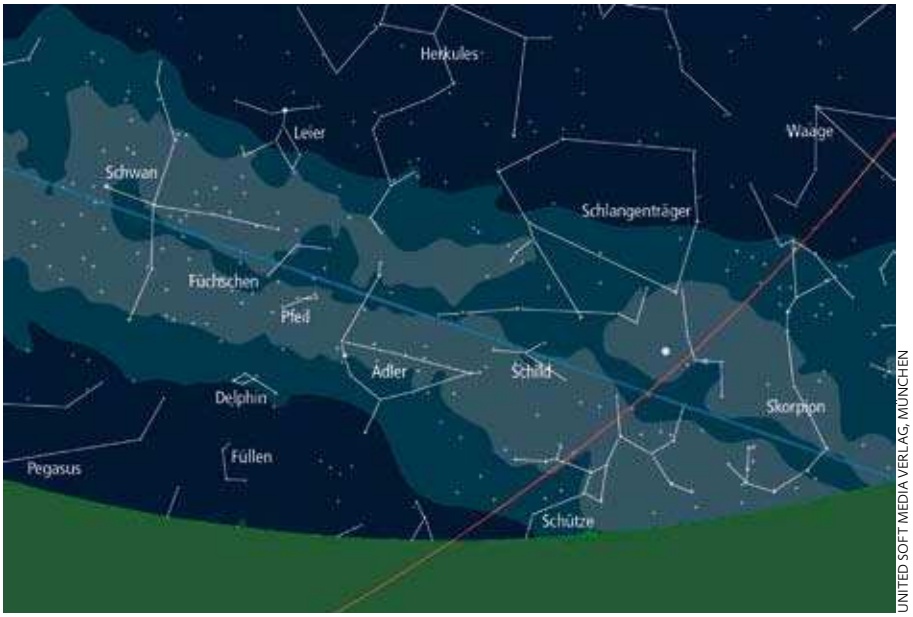
Die Verbreitung des Teleskops

Auch wenn man aus den oben genannten Gründen das Gemälde nicht als Momentaufnahme eines bestimmten Datums missverstehen darf, liefert das Ergebnis doch einen starken Hinweis darauf, dass die Darstellung zumindest um die Zeit des Juni-Vollmonds herum entstanden sein muss. Die Neigung der Milchstraße mit der Stellung des Vollmonds zufällig so zu kombinieren scheint mir viel weniger wahrscheinlich, als die realen, innerhalb weniger Wochen gewonnenen Beobachtungen in ein Bild zu bannen. Folgt man dieser Einschätzung, beginnt es spannend zu werden. Hatte Adam Elsheimer zum Zeitpunkt der Entstehung des Gemäldes etwa schon ein Fernrohr zur Verfügung?

Zu welchem Zeitpunkt und unter welchen Umständen das Teleskop entstand, ist bis heute nicht eindeutig geklärt. Aus dem Jahr 1608 gibt es Aufzeichnungen, laut denen Hans Lipperhey am 2. Oktober und Jacob Adriaansz am 17. Oktober bei den Generalstaaten in Den Haag ein Patent auf ein von ihnen erfundenes Fernrohr anmeldeten. Der Teleskophistoriker Rolf Riekher schreibt über die Verbreitung des neuen Instruments: »Berücksichtigt man, dass Holland in dieser Zeit das wichtigste Handelsland war und dass die holländischen Kaufleute in alle Welt kamen, so ist es verständlich, dass sich die Kunde dieser wertvollen Erfindung schnell verbreitete.«

Simon Marius, ein Zeitgenosse Galileis, berichtet 1614, dass auf der Herbstmesse 1608 in Frankfurt am Main ein Belgier ein Fernrohr angeboten habe. Nach Paris gelangten die ersten Fernrohre im April 1609. Galilei macht in seinem Buch »Sidereus Nuncius« folgende Angabe zum ersten Auftauchen des Fernrohrs in Italien: »Vor ungefähr zehn Monaten kam uns das Gerücht zu Ohren, von einem Mann aus Flandern sei ein Sehglas konstruiert worden, mit dessen Hilfe man sichtbare Gegenstände, auch wenn sie ziemlich weit vom Auge des Betrachters entfernt sind, so klar sehe, als seien sie in der Nähe; das war schließlich der Anlass, dass ich mich ganz dem Erforschen der Grundlagen und dem Ersinnen der Mittel zuwandte, durch die ich zur Erfindung eines ähnlichen Instrumentes gelangen könnte, welche mir wenig später, auf die Lehre von der Strahlenbrechung gestützt, gelang.«

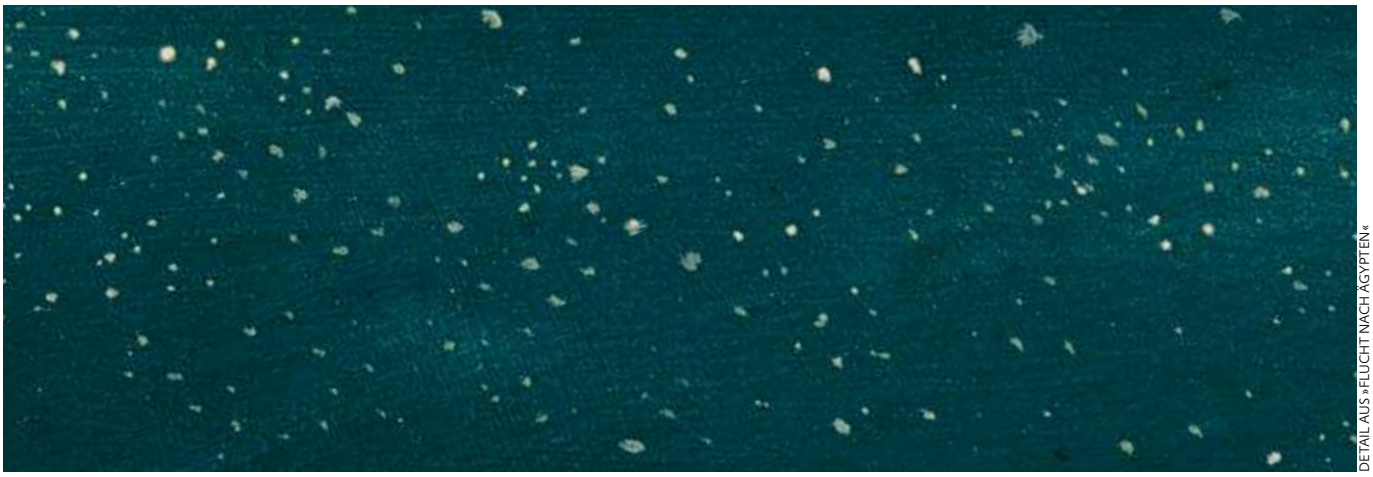
Die Widmung in Galileis Veröffentlichung datiert vom 12. März 1610, die



UNITED SOFT MEDIA VERLAG, MÜNCHEN

ÜBERLAGERUNG: UNITED SOFT MEDIA UND »FLUCHT NACH ÄGYPTEN«

Himmelsvergleich Die Computeransicht des Sternhimmels am 16. Juni 1609 (oben im Programm Redshift) und das Gemälde (unten) zeigen bei Milchstraße und Vollmond wesentliche Übereinstimmungen.



DETAIL AUS »FLUCHT NACH ÄGYPTEN«

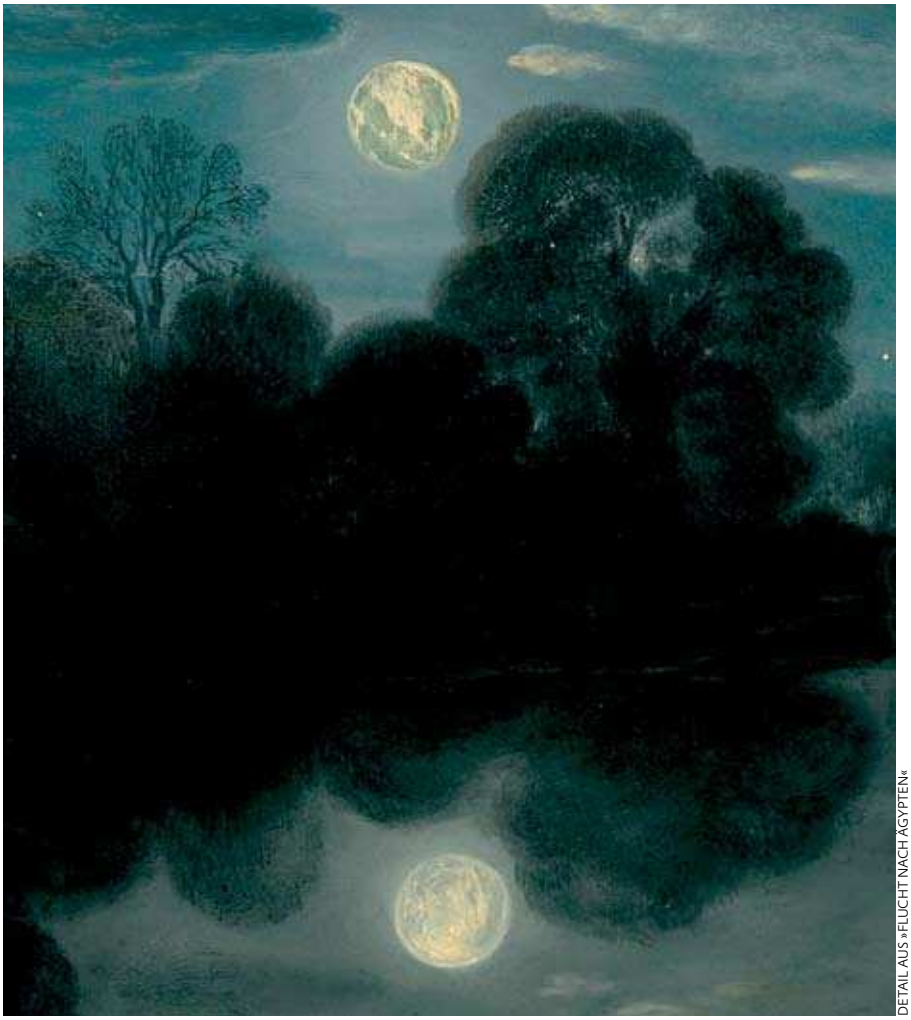
FOTO: MARKUS DÄHNE

FOTO: MARKUS DÄHNE

Aus Einzelsternen setzte Adam Elsheimer bereits 1609 unsere Galaxis zusammen (oben). Ohne Fernrohr (Mitte) erkennt man zwar die Dunkelwolken, doch erst in einem Teleskop oder auf einer lang belichteten Fotografie (unten) zeigt sich ihre wahre Natur.

Druckerlaubnis vom 1. März 1610. Rechnet man die angegebenen zehn Monate zurück, müsste die erste Nachricht vom Fernrohr aus Flandern Galilei im Mai 1609 erreicht haben. Galilei berichtet weiter, dass er sich zunächst ein Fernrohr baute, das dreifach vergrößerte.

Am 24. August 1609 schrieb er einen Brief an seinen Förderer Leonardo Donato, den Dogen von Venedig: »Galileo Galilei wird bei Euer Durchlauchtigkeit vorstellig mit einem neuen Instrument, einem Fernglas, das im Ergebnis überaus verwickelter Berechnungen der Perspektive entstanden ist.« Hier ist die zweite, verbesserte Ausführung eines Fernrohrs mit achtfacher Vergrößerung gemeint. Vermutlich ab Herbst stand ihm dann ein besseres Instrument mit dreißigfacher Vergrößerung zur Verfügung. Seine im »Sidereus Nuncius« beschriebenen Beobachtungen führte er mit diesem Fernrohr aus: »Als ich nun am siebenten Januar des gegenwärtigen Jahres 1610 um die erste Stunde der anbrechenden Nacht die Gestirne des Himmels durch das Fernrohr betrachtete, zeigte sich mir Jupiter; und da ich mir ein vortreffliches Instrument verfertigt hatte, erkannte ich, was mir zuvor wegen der Schwäche des anderen Gerätes nie begegnet war.« Daraus lässt sich ableiten, dass Galilei auch schon das achtfach vergrößernde Fernrohr, das er ab Ende August zur Verfügung hatte, für astronomische Beobachtungen eingesetzt hatte. Auf der Basis dieser Erkenntnisse lässt sich nun darüber spekulieren, wann die Kunde von >



DETAIL AUS »FLUCHT NACH ÄGYPTEN«

DETAIL AUS »FLUCHT NACH ÄGYPTEN«

FOTO: ECKHARD SLAWIK

Mondstellung Die Mondscheibe auf Elsheimers Bild zeigt einige Details, die man schon mit dem bloßen Auge erkennen kann. Mindestens drei kleine, runde Strukturen (Bild rechts oben) lassen sich jedoch als Krater deuten, die man nur im Fernrohr erkennen kann. Auch die Drehung des Monds um 180 Grad gegenüber der realen Ansicht (Bild rechts unten) spricht für die Verwendung eines Teleskops durch Elsheimer.

> der Entdeckung des Fernrohrs nach Rom gelangt sein könnte. Da die Neuigkeit im April 1609 nach Paris und im Mai 1609 nach Padua drang, ist es nicht unwahrscheinlich, dass zum selben Zeitpunkt die Erfindung des Teleskops auch in Rom bekannt wurde. Es ist wohl auszuschließen, dass Elsheimer die erste Konstruktion Galileis, die dieser etwa ab dem Sommer 1609 zur Verfügung hatte, für erste Himmelsstudien benutzen konnte.

Über einen Aufenthalt Galileis in Rom in dieser Zeit ist nichts bekannt und es ist anzunehmen, dass dieser seine ersten Instrumentenversionen zuerst seinem Gönner vorgeführt hat, bevor er einfache Bürger damit hantieren ließ. Elsheimer hat also vermutlich die frühe Version eines Fernrohrs von holländischen Händlern erhalten; vielleicht war in den wissenschaftlichen Akademien Roms ein solches auch schon vorhanden.

Mond unter der Lupe

Obwohl der Mond auf dem Gemälde nur einen Durchmesser von 1,05 Zentimetern hat, ist er mit sehr feinen Details gemalt. Um diese mit dem Pinsel auf die Kupferplatte aufzutragen, bediente sich der Maler einer Lupe. Die Mondscheibe auf dem Gemälde lässt einige Oberflächendetails erkennen, wie man sie auch unter realen Bedingungen schon ohne Hilfsmittel ausmachen kann. Allerdings stimmt die Orientierung der hellen Hochflächen und der dunkleren Mondmaria nicht mit der Realität überein: Der Elsheimer'sche Mond scheint gegenüber dem tatsächlichen Anblick des Erdtrabanten um 180 Grad gedreht. Mindestens drei kleine, runde Strukturen in der unteren Mondhälfte (siehe kleines Bild ganz oben) lassen sich als Krater deuten, die man am Nachthimmel nur mit dem Fernrohr, nicht aber mit dem bloßen Auge erkennen kann. Die Elsheimer'schen Krater zeigen einen seitlichen Lichteinfall mit Schattenwurf des Kraterrands, wie er bei Vollmond – also bei frontaler Beleuchtung – nicht auftritt. Der Maler hat offensichtlich die Kraterstrukturen deutlich vor oder nach einem Vollmond mit dem Fernrohr beobachtet und sie dann erst später auf dem Bild eingefügt.

Die Milchstraße hat Elsheimer nicht nur als verwaschene, milchige Struktur, sondern als Band sehr vieler Einzelsterne dargestellt. Auf einem vor dem Himmelshintergrund aufgehellten Streifen von ungefähr doppelter Vollmondbreite hat er neben einigen kräftigen Punkten für die Vordergrundsterne ungefähr 1500

DETAIL AUS »FLUCHT NACH ÄGYPTEN«

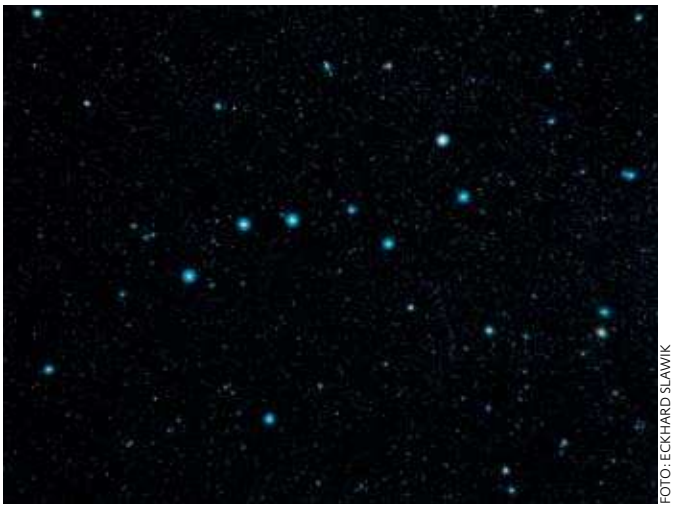


FOTO: ECKHARD SLAWIK

DETAIL AUS »FLUCHT NACH ÄGYPTEN«

FOTO: ECKHARD SLAWIK

Sternbilder auf Kupfer Manche Sternmuster auf Elsheimers Gemälde wie der Große Wagen (Bild links oben) oder der Delfin (Bild links unten) sehen ihren realen Pendants (Bilder rechts) recht ähnlich.

kleine Punkte für die Milchstraßensterne gesetzt. Mit bloßem Auge lässt sich die Milchstraße bei sehr guten Sichtbedingungen abseits vom Streulicht und dem Dunst der Städte als schwach schimmerndes Band am Himmel erkennen. Ihr Aufbau aus Einzelsternen wird aber erst im Fernrohr sichtbar.

Anders als der Mond und die Milchstraße hat Elsheimer die Sternbilder der Realität mit großer Freiheit nachempfunden. Nur einige Sternmuster lassen sich eindeutig und zweifelsfrei einem bestimmten Sternbild zuordnen (Bilder oben). Das liegt an der Schwierigkeit, ein reales Abbild des Himmels zu schaffen. Ein Maler müsste mehr als tausend Einzelpunkte an die richtige Stelle setzen und dabei jeweils auch noch die entsprechende Abstufung in der Feinheit des Farbauftrags (größere Durchmesser oder intensiverer Farbauftrag für hellere Sterne, kleinere Durchmesser oder schwächerer Farbauftrag für schwächere Sterne) finden. Erschwert wird die maßstabsgetreue Wiedergabe des Sternhimmels darüber hinaus durch die Rotation der Erde und die damit verbundene scheinbare Wanderung der Gestirne am Himmel. Die Anfertigung einer gemalten Kopie des realen Sternenhimmels würde Tage, wenn nicht sogar Wochen in Anspruch nehmen. Ständig müsste man das reale Vorbild vor Augen haben.

Der Elsheimer'sche Sternhimmel ist nach meiner Einschätzung eine Komposition von Einzeleindrücken, die der Künstler im Lauf einer längeren Zeit – durchaus mehrere Monate – gesammelt hatte. Vollmond und Milchstraße hingegen könnten, wie sie dargestellt sind, tatsächlich so ausgesehen haben wie in der Nacht des 16. Juni 1609. Wie stark sich die Milchstraße gegen den Horizont neigt, muss er dabei allerdings in den vorangegangenen, mondlosen Nächten gesehen haben.

Der Nachthimmel in Elsheimers Werk »Flucht nach Ägypten« ist also die erste künstlerische Darstellung, die auf einer Fernrohrbeobachtung beruht. Der Zeitpunkt, als das Bild konzipiert wurde, war mit großer Wahrscheinlichkeit der frühe Sommer des Jahres 1609. Die Mondkrater und die Einzelsternstruktur der Milchstraße auf dem Gemälde beweisen, dass der Maler die Himmelsbeobachtung mit einem Teleskop aus eigener Anschauung gekannt haben muss – und das Monate vor Galileis bekannten Arbeiten. Seit Adam Elsheimer die Sterne entdeckt hat, sind sie jedenfalls aus der Kunstgeschichte nicht mehr wegzudenken. <<

Gerhard Hartl ist Leiter der Abteilung Astronomie und Astrophysik am Deutschen Museum in München.

Ein Universum voller Zwillinge

Was die Entstehung von Sternen und Planeten in der Milchstraße bis heute in Gang hält

>> Thomas de Padova

Das Werden und Vergehen unterliegt eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten. So werden die Menschen in Deutschland immer älter, gleichzeitig sinkt die Geburtenrate drastisch. Zwillinge sieht man heute dennoch öfter als früher, weil Frauen später schwanger werden und sich immer öfter einer Hormonbehandlung unterziehen. Unter tausend Deutschen gibt es durchschnittlich 12 bis 14 Zwillinge. Ihr Anteil ist in den letzten Jahren gestiegen.

Im Kosmos haben wir es mit einem ähnlichen Phänomen zu tun. Die Sterne der ersten Generationen waren viel massereicher als unsere Sonne und lebten nur kurz (AH 10/2006, S. 14). Seither werden Sterne immer älter. Aber die Geburtenrate ist stark zurückgegangen. Immer weniger neue Sterne erzeugen das Licht der Welt. Trotzdem sieht man im All heute allenthalben Zwillinge. Etwa sechzig Prozent der Sterne in unserer Milchstraße sind Doppelsterne, viele von ihnen haben sogar noch mehr Geschwister. Unsere Sonne als Einzelstern ist da eher die Ausnahme.

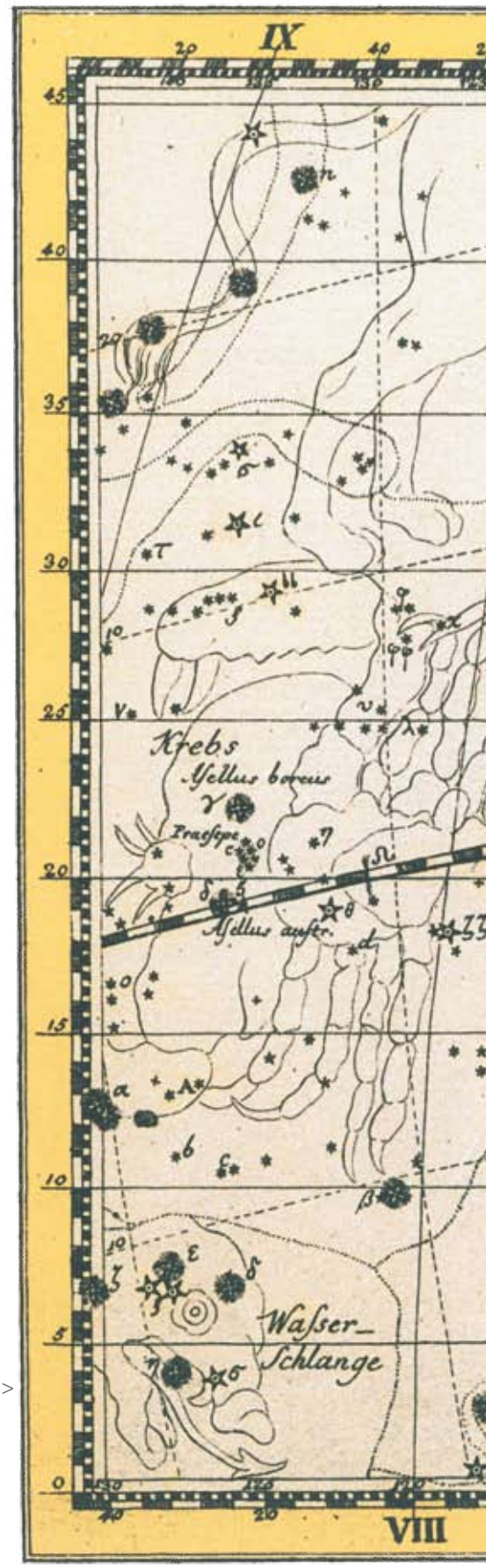
Wer sich vor Augen führt, dass in unserer Galaxis seit mehr als 13 Milliarden Jahren immer wieder neue Sterne und mit ihnen Planeten entstehen, die erst die Voraussetzung alles Lebendigen sind, dem erscheint die Metapher von der »toten Materie« vielleicht ein bisschen abwertend. Warum haben sich nicht alle Sterne kurz nach dem Urknall gebildet, um dann zu erlöschen? Warum gibt es in jeder Galaxie einen Kreislauf der Materie, der aus den Rohstoffen alter wieder neue Sterne und Planeten macht? Was hält diesen Prozess in Gang?

Betrachten Sie einmal das Foto auf S. 26 oben, das Astronomen mit dem Weltraumteleskop Hubble gemacht haben. Es zeigt den Eskimonebel im Sternbild Zwillinge. Er sieht ein bisschen so aus wie ein von einer Pelzmütze umrahmtes Gesicht. In der Mitte dieses farbenprächtigen Nebels befindet sich ein sterbender Stern, der seinen Brennstoff nahezu aufgebraucht hat. In einem letzten Aufbäumen hat er seine leuchtende Gashülle in mehreren Eruptionen von sich gestoßen. Die Gashülle nimmt mittlerweile einen Raum ein, der etwa 500-mal so groß ist wie unser gesamtes Sonnensystem.

Kosmischer Kreislauf

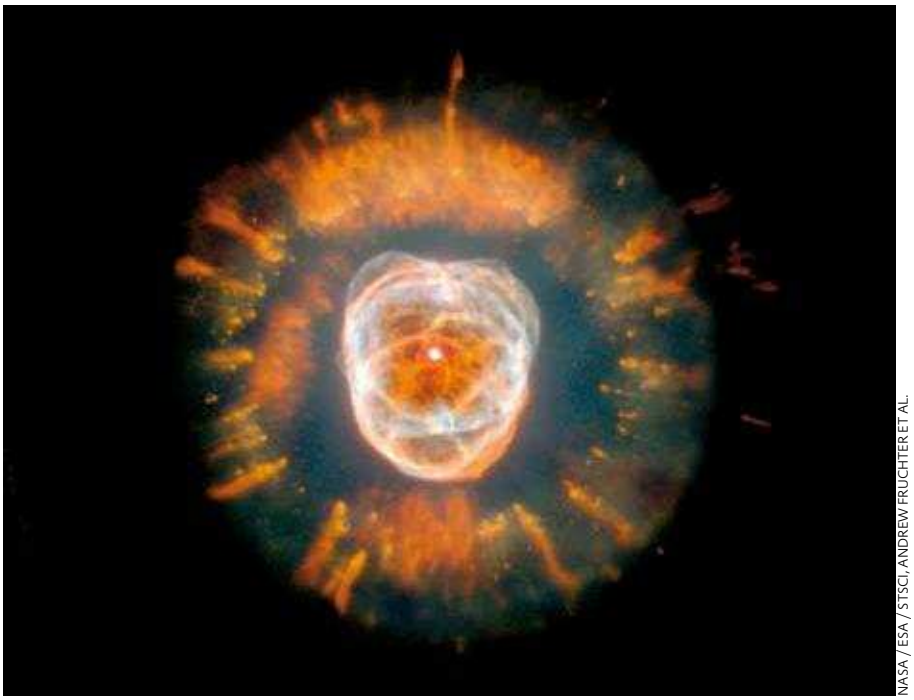
So wie jener in den Zwillingen schütteln viele Sterne am Ende ihres Lebens ihre Außenhaut ab. Obwohl die sichtbare Materie unserer Milchstraße zu neunzig Prozent in den Sternen steckt, fließen immer wieder Gas und Staub an das interstellare Medium zurück. Dieses Material steht für die Entstehung neuer Sonnen und Planeten zur Verfügung.

Massereiche Sterne tragen erheblich mehr zum Materiekreislauf bei als massearme. Sie fristen ein kurzes Dasein, weil sie mit ihrem Brennstoff verschwenderisch umgehen. Ein Stern, der dreißigmal so viel Masse hat wie unsere Sonne, lebt zehn Millionen Jahre, die Sonne dagegen tausendmal länger: etwa zehn Mil- >



Das Sternbild Zwillinge gehört zu den Tierkreiszeichen. Es enthält die auffälligen Sterne Kastor und Pollux – ein mythisches Brüderpaar.

BPK / STAATSBIBLIOTHEK BERLIN (TAFEL 15 AUS: JOHANN ELERT BODE, DIE GESTIRNE, 1782; NACHDRUCK TAGESSPIEGEL-VERLAG 2005)



NASA / ESA / STSCI, ANDREW FRUCHTER ET AL.

Der Eskimonebel liegt in den Zwillingen und ist etwa 5000 Lichtjahre entfernt. Er entstand vor zirka 10 000 Jahren, als ein sonnenähnlicher Stern seine äußeren Hüllen abstieß. Zurück blieb ein Planetarischer Nebel.

> liarden Jahre. Massereiche Sterne haben zudem ein abruptes Ende. Sie sprengen am Ende ihrer Lebensspanne die Gashülle in einer gigantischen Explosion weg: in einer Supernova (siehe Artikel auf S. 32).

Dabei setzt der Stern in kürzester Zeit noch einmal so viel Energie frei wie während seiner ganzen Lebenszeit zuvor. Das heiße Gas dehnt sich aus, die Explosion hinterlässt eine riesige Blase im interstellaren Medium. Eine Art Bugwelle läuft vor dieser Blase her und schiebt das Material in der Umgebung zusammen. Trifft sie auf eine kalte, kompakte Gaswolke, kann sie diese so weit komprimieren, dass die Wolke schließlich unter ihrer eigenen Schwerkraft kollabiert: Sie verdichtet sich zu neuen Sternen.

In der Milchstraße bilden sich jedes Jahr ungefähr ein bis zwei neue Sonnen. »Supernovae triggern die Entstehung der nächsten Sterngeneration«, sagt Thomas Henning vom Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg.

Womöglich liefern die explodierenden Sonnen auch einen Großteil der Energie, die den Wechsel der Sterngenerationen vorantreibt. Denn falls es unter den neu entstandenen stellaren Himmelskörpern wieder sehr massereiche und kurzlebige gibt, dann kommt es nach einigen Millionen Jahren erneut zu Supernova-Explosionen. Auf diese Weise könnte sich die Geburtenwelle immer weiter in der Milchstraße fortpflanzen und die Spiralarme ihrer Scheibe hell aufleuchten lassen. Doch ist dem so?

Henning und seine Kollegen versuchen, Sterngeburten direkt zu beobachten. »Die Scheibe der Milchstraße enthält nicht nur heißes Gas, sondern auch kühle Komponenten«, sagt er. »Da schauen wir mit unseren Instrumenten hin. Denn Gaswolken, die zu Sternen werden, müssen zunächst sehr kalt sein.«

Wärme stört die Geburt

Die Wiegen der Sterne sind bis zu minus 260 Grad Celsius kalte Inseln inmitten der Spiralarme unserer Milchstraße. Je niedriger die Temperatur einer Gaswolke, umso weniger widersetzt diese sich dem Kollaps durch die eigene Schwerkraft. Chemische Elemente wie Kohlenstoff spielen eine wichtige Rolle als Kühlmittel und als Geburtshelfer. Kohlenmonoxid-Moleküle etwa strahlen Energie nach außen ab. »Sie kühlen die Wolken sehr effektiv«, sagt Henning. Seit es derartige chemische Stoffe in größeren Mengen gibt, weil vorhergehende Sterngenerationen Kohlenstoff und Sauerstoff ausgebrütet haben, können sich auch kleinere Gaswolken verdichten. So kommen leichte Sterne zur Welt, die viel älter werden als ihre Vorgänger.

»Die meisten Molekülwolken haben grundsätzlich genügend Masse, um einen Riesenstern zu bilden.« Das geschehe jedoch sehr selten, sagt der Physiker. Sterne bilden sich in Paaren oder in größeren Haufen. Warum das so ist, würde Henning gerne herausfinden.

Wären ihre Geburtsstätten nicht so dicht, dass sie kaum einen Lichtstrahl passieren lassen, könnten die Forscher bei ihrer Entstehung zuschauen. Doch um sich ein ungefähres Bild von den Vorgängen im Innern der Gaswolken zu machen, müssen sie versuchen, die Wärmestrahlung einzufangen, die von dort nach außen dringt.

Die Technik dafür haben deutsche Wissenschaftler und Unternehmen in den zurückliegenden Jahrzehnten maßgeblich mitentwickelt. Erschwert wird

Spezialist für kosmische Geburten

MPIA, HEIDELBERG

Als Kind braute er explosive Gemische aus Chemikalien zusammen, zwischenzeitlich wollte er Mathematiker werden. Die Sterne beachtete Thomas Henning lange Zeit überhaupt nicht. Er war nie Amateurastronom, aber heute baut der in Jena geborene Physiker Instrumente für die besten und größten Teleskope der Welt, die in Chile stehen oder die im Weltraum schweben.

Der 50-Jährige ist Direktor am Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg und leitet die Abteilung Stern- und Planetenentstehung. Er interessiert sich besonders für die Suche nach Zwillingen der Erde. Sein Forschungsgebiet erlebt seit der Entdeckung der ersten Planeten außerhalb unseres Sonnensystems einen enormen Aufschwung.

ihre Arbeit allerdings dadurch, dass unsere Erdatmosphäre einen großen Teil der Wärmestrahlung verschluckt. »Vom Boden aus sieht man wenig«, sagt Henning. »Es gibt in unserer Atmosphäre nur schmale Fenster im Infrarotspektrum.«

Für die ersten Beobachtungen frischgebackener Sonnen mussten die Teleskope mit Ballongondeln in große Höhen gebracht werden. Heute bauen die Heidelberger Forscher Instrumente für Weltraumteleskope. In Zusammenarbeit mit Firmen wie Carl Zeiss konstruieren sie unter anderem Teile der Teleskoptechnik für das neue Flaggschiff der Astronomie: das Weltraumteleskop James Webb, Nachfolger von Hubble.

Henning ist einer der Forscher, die die Welt inzwischen mit anderen Augen sehen. Über seinem Arbeitstisch hängt ein Poster mit neun verschiedenen Ansichten der Milchstraße. Sie zeigen nicht nur das für uns sichtbare Licht, das von der Milchstraße ausgeht, sondern auch Radio-, Infrarot-, Gamma- oder Röntgenstrahlung. Einiges zeichnet sich aus den gewonnenen Daten schon ab.

»Die interstellaren Gaswolken sind strukturiert, ihre Dichte ist nicht überall gleich.« Sie können, so Henning, in mehrere Teile zerfallen, die sich gegenseitig das »Futter« streitig machen. So kommt es zu Mehrlingsgeburten. Um die jungen Sterne herum sammeln sich Staub und Gas in dichten Scheiben, in denen Planeten wachsen können.

Stellarer Kindermangel

Noch hält die Sternentstehung an. »Aber wir leben in einer Epoche, in der sie weit gehend abgeschlossen ist«, sagt der Physiker. Inzwischen übersteigt die Sterbe- die Geburtenrate. »Es ist nicht damit zu rechnen, dass die Sternentstehung noch einmal angekurbelt wird. Es gibt schlicht keine Produktionsmechanismen, die neues Gas erzeugen.«

Der Rohstoff, das kalte Gas, ist zum großen Teil aufgebraucht. Zwar wird am Ende eines jeden Sternlebens mehr oder weniger Gas frei, doch meist bleibt ein Zwergstern wie im Eskimo-Nebel, ein Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch übrig. Sie binden sehr viel Materie, die nun nicht mehr am kosmischen Stoffkreislauf teilnimmt.

Gegenwärtig verschmelzen etliche benachbarte Galaxien miteinander. Das facht die Sternentstehung kurzzeitig noch einmal an. Irgendwann ist aber auch diese Phase vorüber. Womöglich mündet die Entwicklung in einen Kosmos voller verblichener Sterne und diffus verteiltem Gas.

Drei Viertel des gewöhnlichen Wasserstoffs im Universum stecken bereits zwischen den Galaxien. Die Dichte dort ist sehr gering: Sie beträgt nur etwa ein Atom pro Kubikmeter. Wenn sich das Weltall in den nächsten Jahrmilliarden weiter ausdehnt, wird dieses Atom niemals mehr auf ein anderes treffen. Es ist für die Sternentstehung verloren.

Ungeachtet dieser düsteren Zukunftsprognosen ist das Universum heute noch unglaublich produktiv. Nach wie vor entstehen neue Sonnen, und fast überall, wo Forscher mit geeigneten Instrumenten hinschauen, stoßen sie auf Planeten, die zum Teil gerade erst geboren wurden. Mag sein, dass sich im Kosmos irgendwann gähnende Leere einstellt. Aber bis dahin ist es noch ein ganzes Weilchen. <<

Thomas de Padova arbeitet als freier Wissenschaftspublizist in Berlin.

wis
wissenschaft in die schulen!

Klaus Tschira Stiftung gGmbH, Landesakademie für Fortbildung und Personalentwicklung an Schulen, Max-Planck-Institut für Astronomie

ermöglichen durch ihre Kooperation die Entwicklung und Bereitstellung neuer praxisnaher Unterrichtsmaterialien für den Physikunterricht.

Ein erfahrener Mitarbeiter der Landesakademie entwickelt im Rahmen dieser Zusammenarbeit zu den Zeitschriften Sterne und Weltraum sowie Astronomie Heute passendes didaktisches Material. Der Praxistest erfolgt in den Lehrerfortbildungskursen der Landesakademie und in monatlichen Unterrichtsstunden an einer ausgewählten Stützpunktschule.

Sterne und Weltraum ist seit Herbst 2003 Partner der Aktion »Wissenschaft in die Schulen!«. Astronomie Heute ist Anfang 2006 dazugekommen. Diese Initiative des Spektrum der Wissenschaft Verlages bietet Schülern und Lehrern naturwissenschaftlicher Fächer kostenlos hochwertige didaktische Zusatzmaterialien für den Unterricht.

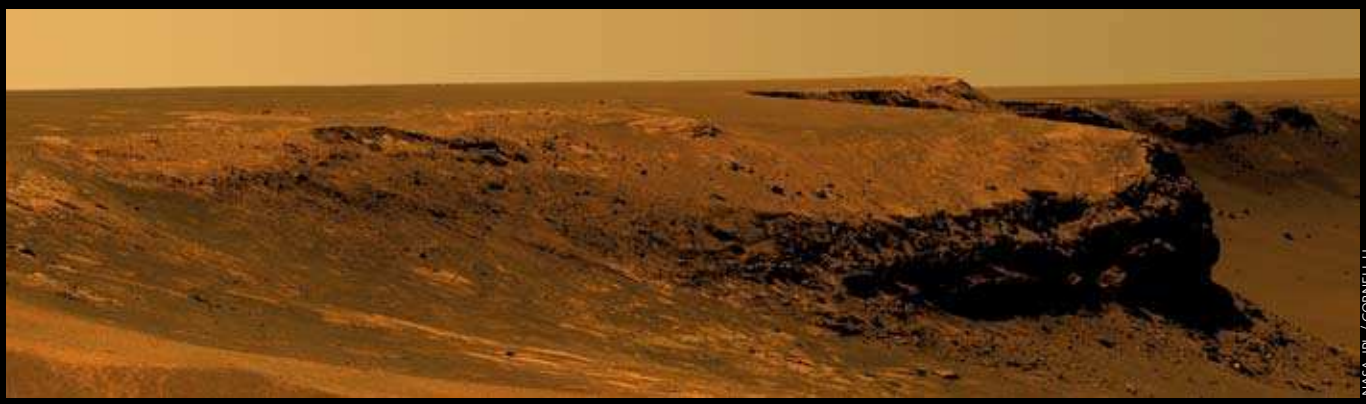
Weitere Informationen:
Wissenschaft in die Schulen!
www.wissenschaft-schulen.de
Klaus Tschira Stiftung gGmbH
www.kts.villa-bosch.de
Landesakademie für Fortbildung und Personalentwicklung an Schulen
www.akademie-donaueschingen.de
Max-Planck-Institut für Astronomie
www.mpia.de

Der Victoria-Krater hat einen Durchmesser von 800 Metern und ist siebzig Meter tief. Der »Mars Reconnaissance Orbiter« (MRO) fertigte am 3. Oktober 2006 diese Aufnahme der Senke an.

NASA, JPL / U. ARIZONA

Fototermin auf dem Mars

Die Aufnahmen, welche die Marsrover vom Roten Planeten liefern, sind atemberaubend gut. Kaum zu glauben, dass sie nicht von der Erde stammen. **>> Selby Cull**



NASA, JPL / CORNELL U.

Cape Verde ist eine Klippe am Rand des Victoria-Kraters. Opportunitys Kameras fotografierten die Landschaftsformation am 28. September 2006. Für den Marsrover war es der 952. Sol (Mars-Tag; ein Sol entspricht etwa 24,6 Stunden).

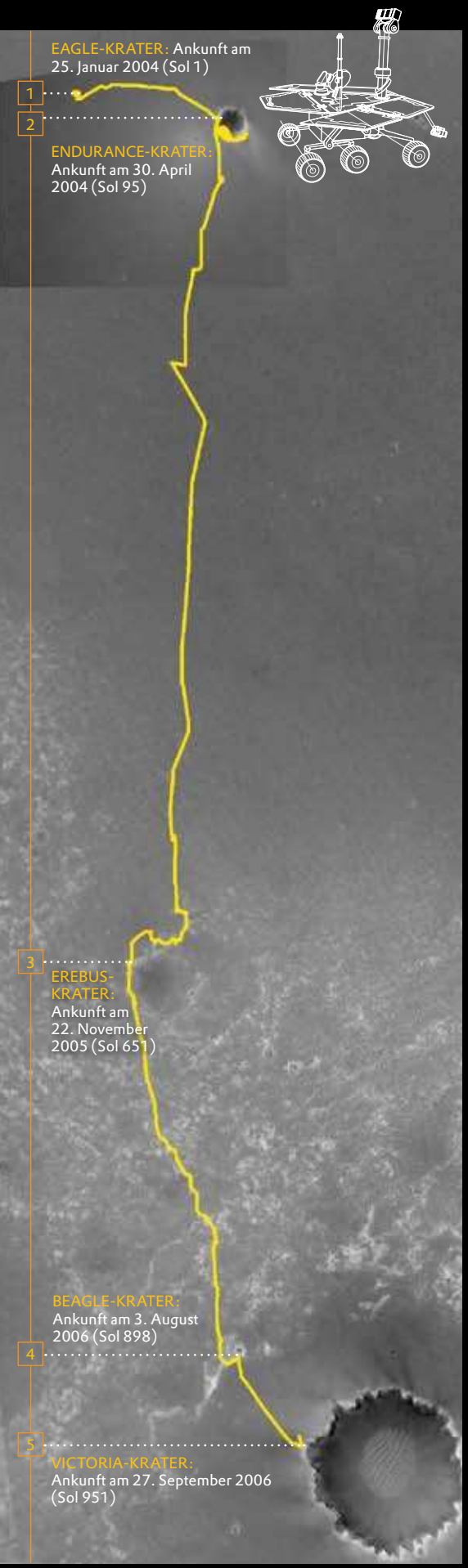
Am 27. September 2006 erreichte der Marsrover Opportunity den Victoria-Krater in der Hochebene »Meridiani Planum«. Da hatte er eine knapp zehn Kilometer lange Fahrt durch den marsianischen Sand und Staub hinter sich gebracht und dafür ungefähr zweieinhalb Jahre gebraucht.

Mit 800 Meter Durchmesser ist der Victoria-Krater die größte Senke, die Opportunity auf unserem Nachbarplaneten untersucht hat. Auf ihren Steilhängen liegen bis zu dreißig Meter Sedimentschichten zu Tage, welche die frühe Entwicklung des Planeten dokumentieren. Die Wissenschaftler freuen sich, dass der Rover den Krater erreicht hat. »Für die Geologen wurde ein Traum wahr«, sagt Steve Squyres von der Cornell University (New York).

Das Bodenteam der Nasa wird das Fahrzeug nun um die Senke herumlotsen, um den besten Weg nach unten auszuspähen. Die entscheidende Frage lautet, ob der Roboter den Trichter je wieder verlassen kann, nachdem er erst einmal hineingefahren ist.

Selbst wenn es den Wissenschaftlern nicht gelingt, einen sicheren Rückweg zu finden, werden sie Opportunity wahrscheinlich auf den Grund des Victoria-Kraters steuern. Denn dort haben sie eine solch einzigartige Gelegenheit, die Geschichte des Mars zu studieren, dass sich das Risiko lohnt. Zumal sowohl Opportunity als auch sein Zwillingsgefährt Spirit ihre vorgesehene Einsatzdauer bereits weit überschritten haben. Ursprünglich auf drei Monate ausgelegt, sind sie mittlerweile zehnmal so lange auf großer Fahrt. Am 26. Oktober des vergangenen Jahres »erlebte« Spirit seinen tausendsten Sol (Mars-Tag), bei Opportunity war es am 16. November so weit.

Von April 2006 an hatte Spirit, während der marsianische Winter herrschte, >



> am Bergrücken Low ausgeharrt (benannt nach dem ehemaligen Nasa-Chef George Low). Auch auf dem Roten Planeten scheint die Sonne in der kalten Jahreszeit nur spärlich, sodass die Solarzellen des Rovers wenig Strom lieferten.

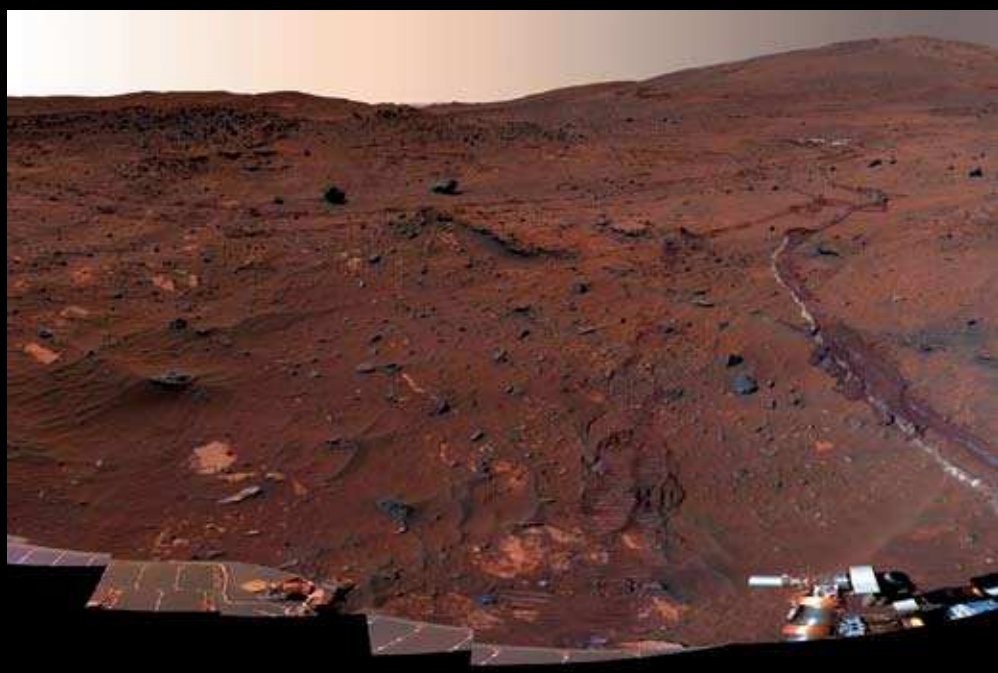
Unter normalen Beleuchtungsverhältnissen erzeugen Spirits Sonnenpaneele eine elektrische Energie von etwa 0,6 Kilowattstunden. Damit könnte man einen leistungsstarken Staubsauger betreiben. Aber während des Winters auf dem Roten Planeten, als die Tage immer kürzer wurden und die Temperatur auf minus 97 Grad Celsius fiel, nahm dieser Wert drastisch ab. Ein Tiefpunkt war am 18. August erreicht, als die Solarzellen nur noch 0,3 Kilowattstunden bereitstellten. Unter diesen Umständen konnte der Rover nicht weiterfahren.

Aber Spirit blieb beileibe nicht einfach untätig liegen. Während seiner unfreiwilligen Winterpause dokumentierte er systematisch die Wandlungen seiner Umgebung, kartierte Steine und Bodenmerkmale und verfolgte, wie sich Staub und Eis um ihn herum veränderten (siehe auch AH 11/2006, S. 32). Auf diese Weise wollten die Wissenschaftler einen Einblick gewinnen, wie die Marsoberfläche auf die jahreszeitlichen Schwankungen reagiert. Der Roboter machte außerdem zahlreiche Aufnahmen von seinem Umfeld, die später zu dem höchstaufgelösten Panoramabild zusammengesetzt wurden, das wir bis heute von der Marsoberfläche haben (Bild unten).

Die Forscher machen sich schon jetzt Gedanken darüber, wo sie Spirit hinschicken, wenn er eines Tages wieder fahren kann. Am ehesten scheint sich der Vorschlag durchzusetzen, ihn erneut die »Home Plate« besuchen zu lassen – eine geschichtete Gesteinsformation, die auf die einstige Existenz von Gewässern hindeutet. <<

Selby Cull absolvierte im letzten Sommer ein Praktikum bei Sky & Telescope.

◀ Nach seiner Landung am 24. Januar 2004 brach Opportunity in die Marswüste auf. Bis heute fuhr er 9,3 Kilometer durch den Staub. Seine Route ist auf dieser MRO-Aufnahme eingezeichnet.

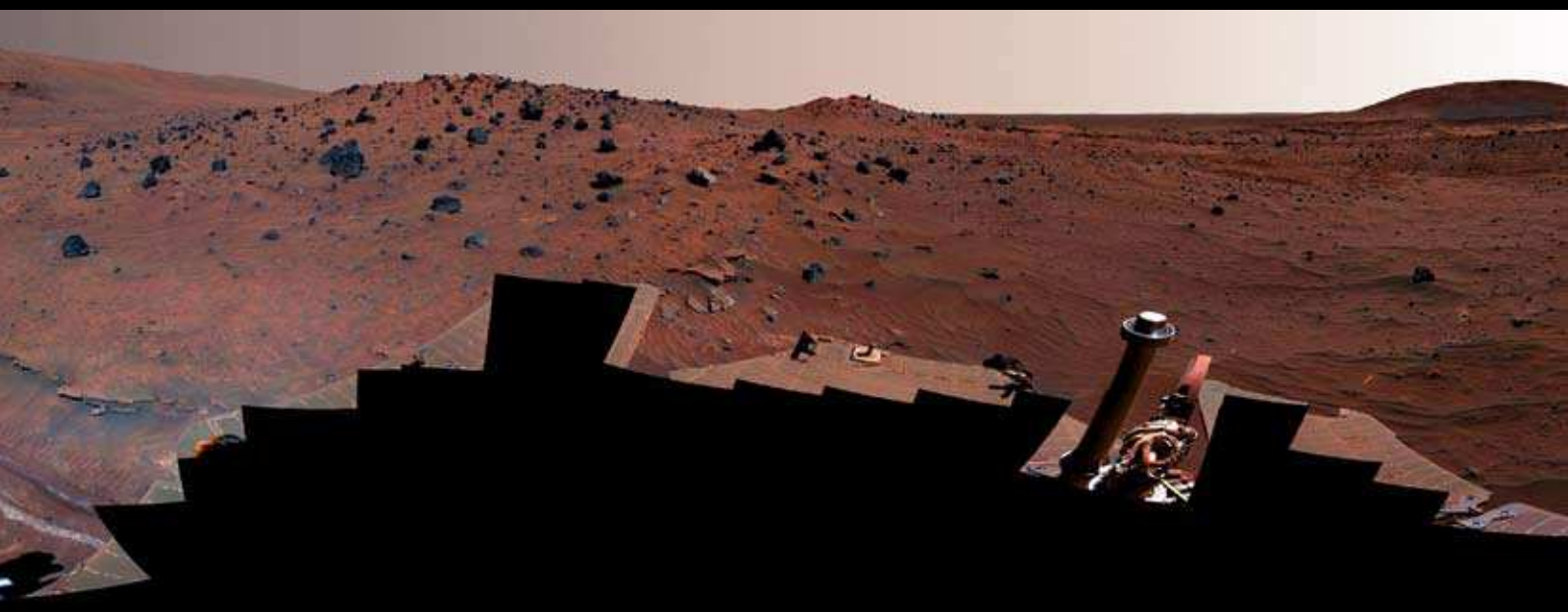


LINKS: NASA, JPL / MSSS / OSU; RECHTS: NASA, JPL / CORNELL U.

► **Als winziger Fleck** präsentiert sich hier der Rover Opportunity (Pfeil), während er am Rand des Victoria-Kraters steht. Selbst den Schatten, den er wirft, kann man auf der MRO-Aufnahme erahnen.

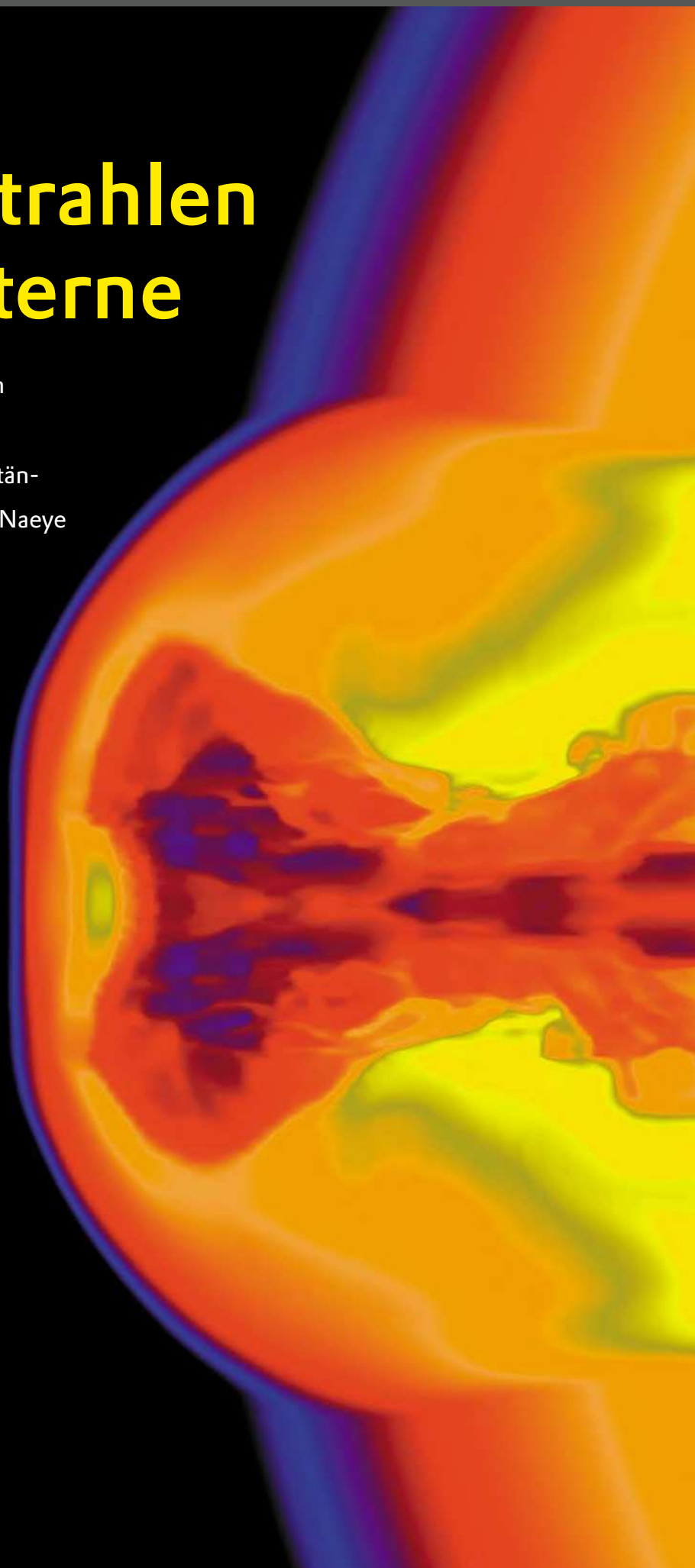
NASA, JPL / U. ARIZONA

▼ **Eine ganze Fotoserie** schoss der Rover Spirit während seiner Winterpause 2006. Forscher fügten die Bilder zu einer Panorama-Aufnahme zusammen, von der hier ein Ausschnitt gezeigt ist. Der Rover hatte sein »Quartier« für die kalte Jahreszeit bezogen, nachdem er vom Gipfel des Husband-Hügels (Bildmitte) heruntergefahren war.



Die Todesstrahlen der Supersterne

Zu den extremen kosmischen Gewalten gehören Gammastrahlenausbrüche. Ihr Ursprung ist jedoch noch nicht vollständig geklärt. >> Robert Naeye



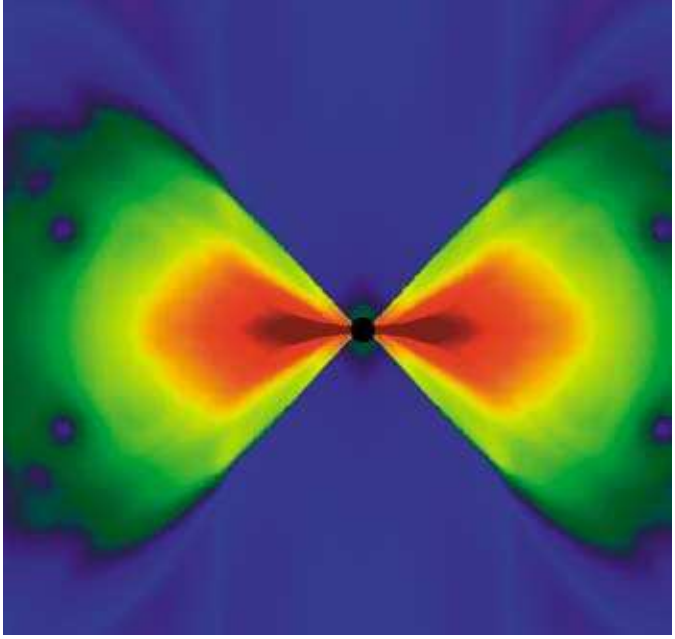
Sie haben seit Jahren einen schlechten Ruf. In den Medien tauchen sie als »energiereichste Explosionen seit dem Urknall« auf, als »Geburtsschreie Schwarzer Löcher«, als »Todesstrahlen von Sternen«, die Chaos und Verwüstung über den Kosmos bringen. Man kann die Medien allerdings kaum der Übertreibung bezichtigen. Die Gammastrahlungsausbrüche (englisch: Gamma-Ray Bursts, kurz: GRBs) sind tatsächlich die Folge gewaltiger Vorgänge, bei denen Mutter Natur die Wut von Millionen von Sonnen in unvorstellbaren Energiestößen entlädt, die zwar nur Sekunden dauern, aber hell durch das ganze Universum scheinen.

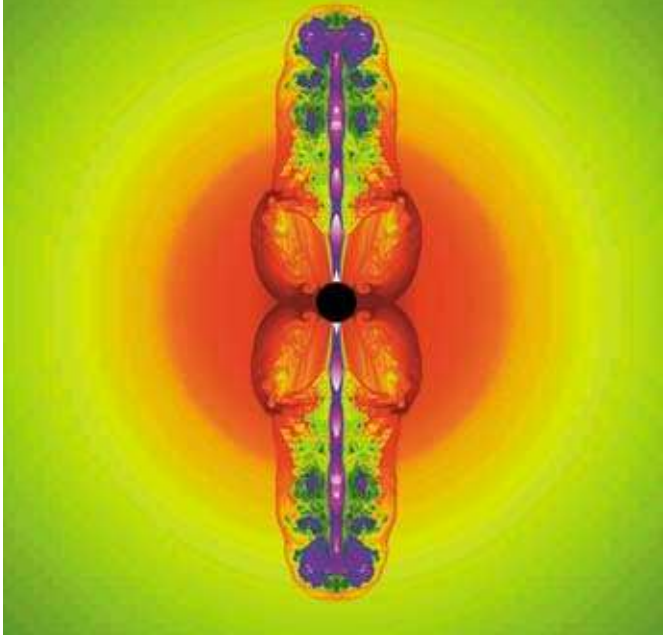
GRBs verwirren die Wissenschaftler, seit sie in den 1960er Jahren rein zufällig von US-Militärsatelliten entdeckt worden waren, die eigentlich nach geheimen Atomversuchen der Sowjetunion Ausschau hielten. Welcher Prozess, so fragten sich die Forscher, könnte wohl eine solch enorme Menge energiereichen Lichts in einem derart kurzen Augenblick entfesseln? Die Ereignisse kamen plötzlich und ohne Vorankündigung aus beliebigen Richtungen und waren ebenso schnell wieder vorbei – ohne den Astronomen irgendeine Möglichkeit zur Nachbeobachtung zu geben. Da es nur wenig Daten gab, die der Fantasie der Theoretiker Grenzen setzten, überstieg die Zahl der Modelle bald die der registrierten Ausbrüche.

Doch dank einer neuen Generation von Satelliten und ausgetüftelten Com- >

Mit enormer Gewalt bricht ein Jet bei einer Supernova durch die äußeren Hüllen des Sterns und erzeugt dabei einen GRB. Diese Simulation zeigt von blau über rot nach gelb steigende Teilchendichte.

WEIQUN ZHANG, STAN WOOSLEY





BEIDE: ANDREW MACFADYEN, WEIQUN ZHANG, STAN WOOSLEY

Die Maschine wird gestartet In der linken Simulation ist zu erkennen, wie sich die einstürzende Materie um das zentrale Schwarze Loch in Form einer Akkretionsscheibe anordnet (Querschnitt; von dunkelgrün nach dunkelrot: steigende Teilchendichte). Dieser »Kollapsarmechanismus« löst einen fast lichtschnellen Jet aus (rechte Simulation), der aus viel elektromagnetischer Energie und relativ wenig Materie besteht.

> puterprogrammen stimmt die Theorie mit der Beobachtung mittlerweile gut überein. Es wäre zwar höchst anmaßend zu behaupten, dass die Forscher GRBs nun vollständig verstehen, aber sie kommen einer schlüssigen Erklärung immer näher.

Eine kurze Geschichte der GRBs

1997 kam es dank des italienisch-niederländischen Hochenergiesatelliten Bepposax zu einem Durchbruch. Seine Detektoren schafften es erstmals, die Position eines GRBs schnell genug anzupeilen, sodass Teleskope am Erdboden dessen Nachglühen noch erwischen konnten. Dieses stammt stets aus aktiven Sternentstehungsregionen in extrem weit entfernten, leuchtschwachen Galaxien. Dank jener wichtigen Information kam die Theorie auf, dass es sich bei einem GRB um eine unglaublich energiereiche Explosion handelt, die im Zusammenhang mit massereichen Sternen steht. Denn solche Riesen haben eine zu kurze Lebensdauer, um sich weit von ihrem Geburtsort entfernen zu können.

Am 25. April 1998 registrierte Beppposax einen ungewöhnlich schwachen Gammablitz. GRB 980425 – die Bezeichnung gibt das Datum des Ausbruchs an – hatte seinen Ursprung in einer Galaxie, die lediglich 120 Millionen Lichtjahre von uns entfernt ist. Nur zweieinhalb Tage später entdeckten die Astronomen die Supernova SN 1998bw an exakt derselben Stelle. Dies unterstützte die zuvor entwickelte Theorie. In der Folgezeit gelangen immer wieder derartige Identifikationen und damit die Bestätigung des Zusammenhangs zwischen GRBs und Supernovae.

Zwar ist nur bei wenigen Ausbrüchen die Strahlungsquelle so nahe, dass die Wissenschaftler die dazugehörige Supernova sehen können, doch in allen diesen Fällen handelt es sich um eine vom Typ Ic. Das bedeutet, im Spektrum dieser Sternexplosionen zeigen sich weder Anzeichen von Wasserstoff noch von Helium. Wahrscheinlich verursachen also Wolf-Rayet-Sterne die Gamma-Ausbrüche. Das sind heiße, massereiche Sonnen, deren äußere Wasserstoff- und Heliumschichten ein starker Sternwind davongeblasen hat (siehe Glossar unten).

Aus mehreren hundert konkurrierenden Theorien zur Erklärung der GRBs kristallisierte sich schließlich 1999 ein klarer Gewinner heraus: Das Kollapsarmodell von Stan Woosley, University of California in Santa Cruz, und seinem damaligen Studenten Andrew MacFadyen, jetzt am Institute for Advanced Study in Princeton. Ihre Computersimulationen (S. 32/33 und oben) zeigen, was passiert, wenn der schnell rotierende Kern eines Wolf-Rayet-Sterns seinen nuklearen Brennstoffvorrat verbraucht hat und zu einem Schwarzen Loch kollabiert (siehe Kasten S. 36/37). Die einfallende Sternhülle bildet eine kleine, dichte Scheibe, die das Schwarze Loch zwei oder drei Dutzend Sekunden lang füttert. Magnetische Feldlinien ordnen sich zu einer Helix entlang der Rotationsachse an und beschleunigen etwa eine Erdmasse an ionisierter Sternmaterie zu Strahlen (»Jets«), die sich entlang der Polachse mit nahezu Lichtgeschwindigkeit durch den sterbenden Stern hindurchbohren.

Die Einzelheiten und genauen Orte der Entstehung der Gammastrahlung sind nach wie vor Gegenstand der Forschung. Laut dem »Internal Shock«-Modell von Martin Rees (Cambridge University, England), Peter Mészáros (Pennsylvania State University), Tsvi Piran (Hebrew University of Jerusalem) und weiteren Wissenschaftlern entsteht der GRB weit außerhalb des sterbenden >

GLOSSAR

Irreguläre Zwerggalaxien haben Durchmesser von nur rund 20000 Lichtjahren und zeigen keine gleichmäßigen Ellipsen- oder Spiralformen. Wissenschaftler vermuten, dass anfangs nur Zwerggalaxien entstanden. Auch heute noch ist dies die häufigste Art.
Wolf-Rayet-Sterne – benannt nach zwei französischen Astronomen der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts – sind bläuliche Sterne mit zehn bis fünfzig Sonnenmassen in der Spätphase ihrer Entwicklung. Durch einen starken Wind verlieren sie in einer Million Jahren bis zu drei Sonnenmassen ihrer wasserstoffhaltigen Hülle und geben so tiefere Schichten frei, die reich an Stickstoff oder Kohlenstoff und Sauerstoff sind.

Science-Shop.de
vor allem Wissen

ASTRONOMIE HEUTE

Space-Files

Das heutige Wissen über das Weltall

ASTRONOMIE HEUTE präsentiert Ihnen auf dieser DVD drei je 10 minütige Beiträge:
Der Mars – Die Eroberung des Alls – Schwarze Löcher zum Kennenlernen

Vom Big Bang bis Schwarze Löcher dokumentiert die Reihe »Spacefiles« das heutige Wissen über das Weltall.
Dabei erfahren Sie auch viel über die Geschichte der Astronomie, über moderne Teleskope und die Suche nach Leben im All.

■ **Space Files, 3 DVD-Videos**
Das Weltall von A–Z
260 Min. 2005. KomplettMedia.
Bestell-Nr. 1921. **€ 63,95 (D),** € 63,95 (A)

Weitere interessante Titel finden Sie im Internet unter:
www.science-shop.de
Besuchen Sie uns!

Bequem bestellen:
➜ **direkt bei** www.science-shop.de
➜ **per E-Mail:** info@science-shop.de
➜ **telefonisch** 06221/9126-841
➜ **per Fax:** 0711/7252-366
➜ **per Post:** Postfach 810680 • 70523 Stuttgart

*Bei Bestellungen in Deutschland & Österreich unter € 20,– sowie bei Bestellungen im sonst. Ausland berechnen wir € 3,50. Alle Preise inkl. Umsatzsteuer. Preise unter Vorbehalt.

> Sterns durch die Kollision einzelner Verdichtungen in den Jets, so genannter Knoten.

Aus dem Kollapsarmodell folgt, dass wir nur die GRBs sehen, deren Jets zufällig in Richtung Erde zeigen. »Das bedeutet, dass auf jeden GRB, den wir sehen, mehrere hundert kommen, die wir nicht sehen«, erklärt MacFadyen, »und es bedeutet auch, dass die Gesamtenergie eines Ausbruchs etwa ein Hundertstel der bislang angenommenen ist, da er nicht in alle Richtungen gleich stark strahlt. Aber das ist immer noch extrem viel Strahlungsenergie.«

Die Eigenschaften des GRB-Nachglühens im optischen, Radio- und Röntgenbereich stimmen gut mit den Vorhersagen des Kollapsarmodells überein. Die Helligkeit nimmt zumeist über mehrere Tage hinweg langsam ab, bevor sie plötzlich rapide abfällt (Grafik S. 39 oben). Das passt gut zu der Vorstellung, dass die nur wenige Grad breiten relativistischen Jets in das interstellare Gas eindringen und dort durch die Abbremsung ihre Energie abgeben.

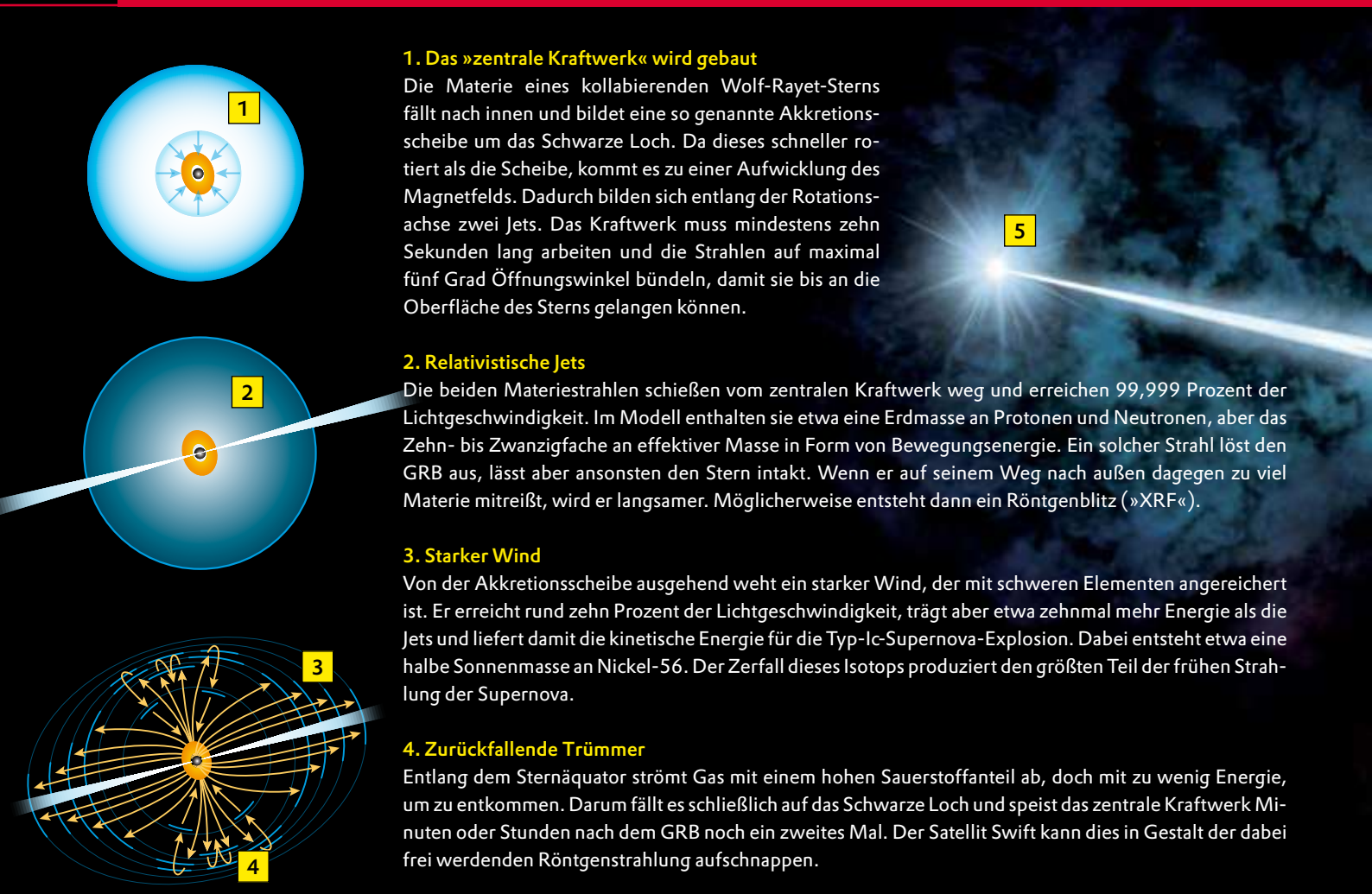
Im Jahr 2000 hatten Forscher schließlich genug Daten gesammelt, um eine Einteilung des Phänomens in zwei Klassen zu ermöglichen: zum einen lang andauernde Ausbrüche, deren relativ »weiche« (niederenergetische) Gammastrahlung mehrere Sekunden bis Minuten dauert, zum anderen kurze Ausbrüche, deren »harte« (hochenergetische) Strahlung schon nach 0,01, spätestens nach drei Sekunden erlischt. Während die langen GRBs eindeutig eine Verbindung mit massereichen Sternen aufweisen, blieben die kurzen – bei denen sich bislang kein Nachglühen beobachten ließ – ein Rätsel.

Ein Drittel der langen Ausbrüche, so zeigte sich außerdem, hatte sein Energiemaximum nicht im Gamma-, sondern im Röntgenbereich des Spektrums. Deshalb begannen die Astronomen, diese Ereignisse nicht länger als Gammastrahlenausbrüche, sondern als Röntgenblitze (englisch X-Ray Flashes, kurz XRFs) zu klassifizieren.

Es gab also einige Fortschritte, aber die Wissenschaftler stellten sich im Jahr 2004 immer noch eine ganze Reihe bohrender Fragen: Wie viele GRBs sind mit Supernovae assoziiert? Wie haben sich ihre Häufigkeit und ihre Energie im Verlauf der kosmischen Geschichte verändert? Basieren lange und kurze Ereignisse auf denselben grundlegenden Vorgängen? Und schließlich: Was verursacht die Röntgenblitze? Um Antworten auf diese Fragen zu bekommen, benötigten die Forscher bessere Daten.

Und diese sollen der High Energy Transient Explorer 2 (Hete-2) und Swift (AH November 2004, S. 30) liefern, zwei 2000 und 2004 von der Nasa gestartete Satelliten. Diese beiden vergleichsweise kleinen Missionen haben förmlich eine Explosion der Forschungsaktivität auf

Das Kollapsarmodell



1. Das »zentrale Kraftwerk« wird gebaut
Die Materie eines kollabierenden Wolf-Rayet-Sterns fällt nach innen und bildet eine so genannte Akkretionsscheibe um das Schwarze Loch. Da dieses schneller rotiert als die Scheibe, kommt es zu einer Aufwicklung des Magnetfelds. Dadurch bilden sich entlang der Rotationsachse zwei Jets. Das Kraftwerk muss mindestens zehn Sekunden lang arbeiten und die Strahlen auf maximal fünf Grad Öffnungswinkel bündeln, damit sie bis an die Oberfläche des Sterns gelangen können.

2. Relativistische Jets
Die beiden Materiestrahlen schießen vom zentralen Kraftwerk weg und erreichen 99,999 Prozent der Lichtgeschwindigkeit. Im Modell enthalten sie etwa eine Erdmasse an Protonen und Neutronen, aber das Zehn- bis Zwanzigfache an effektiver Masse in Form von Bewegungsenergie. Ein solcher Strahl löst den GRB aus, lässt aber ansonsten den Stern intakt. Wenn er auf seinem Weg nach außen dagegen zu viel Materie mitreißt, wird er langsamer. Möglicherweise entsteht dann ein Röntgenblitz (»XRF«).

3. Starker Wind
Von der Akkretionsscheibe ausgehend weht ein starker Wind, der mit schweren Elementen angereichert ist. Er erreicht rund zehn Prozent der Lichtgeschwindigkeit, trägt aber etwa zehnmal mehr Energie als die Jets und liefert damit die kinetische Energie für die Typ-Ic-Supernova-Explosion. Dabei entsteht etwa eine halbe Sonnenmasse an Nickel-56. Der Zerfall dieses Isotops produziert den größten Teil der frühen Strahlung der Supernova.

4. Zurückfallende Trümmer
Entlang dem Sternäquator strömt Gas mit einem hohen Sauerstoffanteil ab, doch mit zu wenig Energie, um zu entkommen. Darum fällt es schließlich auf das Schwarze Loch und speist das zentrale Kraftwerk Minuten oder Stunden nach dem GRB noch ein zweites Mal. Der Satellit Swift kann dies in Gestalt der dabei frei werdenden Röntgenstrahlung aufschnappen.

diesem Gebiet ausgelöst. Inzwischen erscheinen im Internet täglich mehrere neue wissenschaftliche Arbeiten.

Entscheidend ist dabei vor allem Swifts Fähigkeit, sich flink auf die Position einer Explosion auszurichten und Messungen im optischen, im UV- und im Röntgenbereich durchzuführen. Er registriert durchschnittlich zwei Ereignisse pro Woche und alarmiert innerhalb von Minuten Hunderte von Profi- und Amateurastronomen – bei denen dann häufig mitten in der Nacht das Handy piept, wenn per SMS die Koordinaten des GRBs eingehen. Dadurch wurden schnelle Nachbeobachtungen durch Sternwarten überall auf der Welt erst möglich.

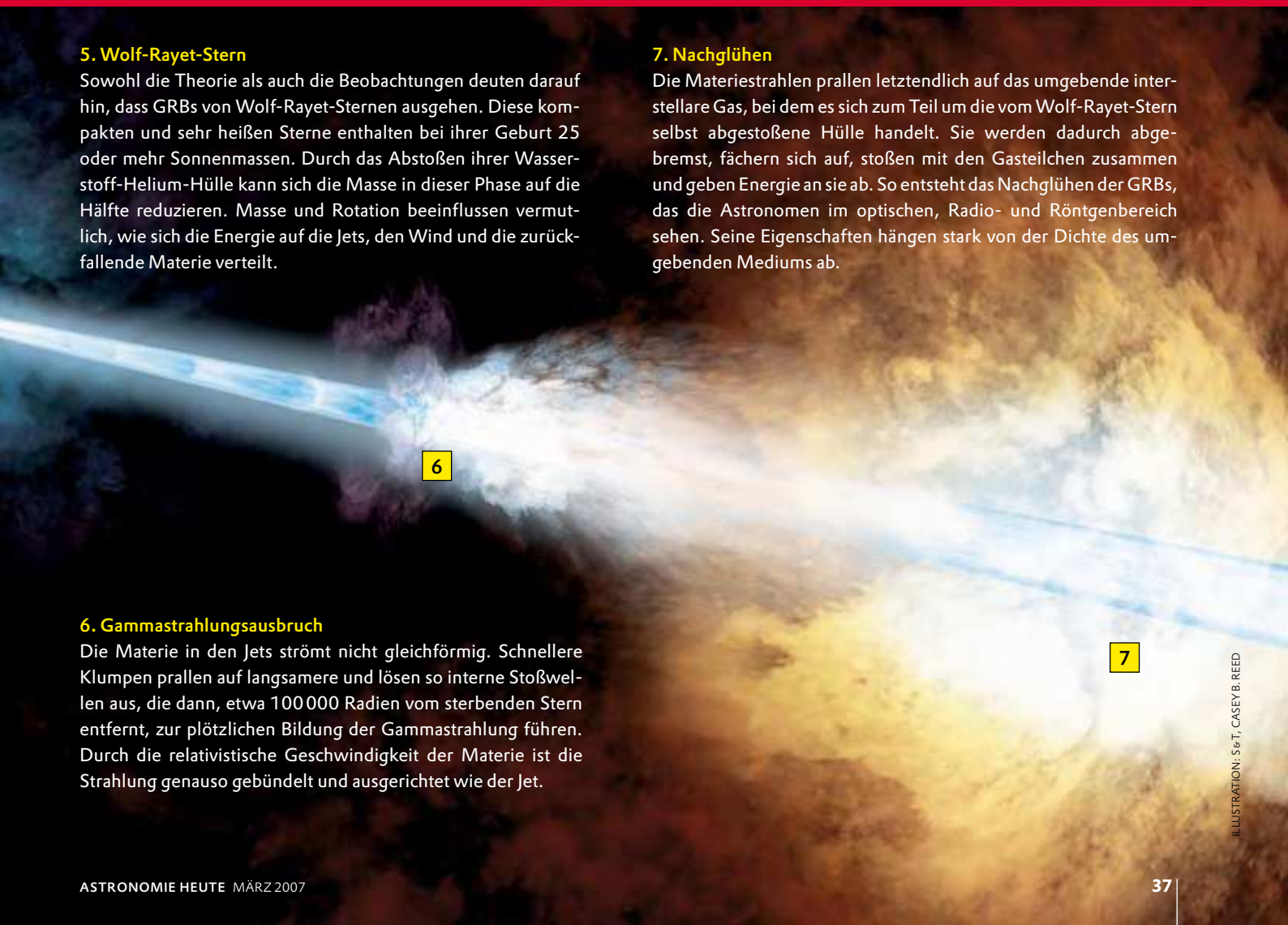
Swift klärt auf

Dank Swift gelang den Astronomen eine Reihe bahnbrechender Entdeckungen.

▶ Der Satellit hat mehrere Ausbrüche mit Rekord-Rotverschiebungen registriert. (Diese Messgröße beschreibt, wie stark die Strahlung eines Objekts auf dem Weg zur Erde durch die Expansion des Weltalls gestreckt wurde, und ist deshalb ein Maß für seine Entfernung.) Darunter war ein extrem starker Ausbruch am 4. September 2005 mit einer Rotverschiebung von 6,29. Das bedeutet, dass der Ausbruch nur 900 Millionen Jahre nach dem Urknall stattgefunden hat. Er ist damit fast so weit weg wie die fernsten heute bekannten Galaxien und Quasare. Die Astronomen hoffen nun auf weitere Rekorde, vielleicht bis hin zu Rotverschiebungen von 10. Solche extrem weit entfernten GRBs bieten die Möglichkeit, etwas über die Bedingungen im frühen Universum und über die Natur der ersten Sterne im jungen Kosmos zu lernen.

▶ Mit Swift entdeckten die Forscher, dass es etwa bei einem Drittel der langen GRBs Minuten oder Stunden nach dem Ausbruch zu energiereichen Röntgenblitzen kommt. Die meisten Astronomen glauben, dass diese durch auf das Schwarze Loch zurückfallende Materie ausgelöst werden. Die Rekordexplosion mit der Rotverschiebung von 6,29 wies besonders intensive Blitze mehr als eine Stunde nach dem Gammaereignis auf. Eine solche Aktivität ist typisch für GRBs in großen Entfernungen.

▶ Am 18. Februar 2006 registrierten Swift und andere Satelliten einen Ausbruch in einer »nur« 470 Millionen Lichtjahre entfernten Galaxie. Damit handelt es sich nach GRB 980425 vermutlich um den zweitnächsten. Er dauerte 33 Minuten, länger als jeder zuvor beobachtete, und war ebenfalls mit einer Supernova vom Typ Ic assoziiert (SN 2006a), doch es zeigte sich rasch, dass der Ausbruch sehr »weich« war. Die meisten Astronomen stufen ihn inzwischen als Röntgenblitz ein und nicht als GRB. Trotz seiner langen Dauer war die insgesamt abgestrahlte Energie eher gering. »Der Ausbruch unterscheidet sich erheblich von allen, >



5. Wolf-Rayet-Stern
Sowohl die Theorie als auch die Beobachtungen deuten darauf hin, dass GRBs von Wolf-Rayet-Sternen ausgehen. Diese kompakten und sehr heißen Sterne enthalten bei ihrer Geburt 25 oder mehr Sonnenmassen. Durch das Abstoßen ihrer Wasserstoff-Helium-Hülle kann sich die Masse in dieser Phase auf die Hälfte reduzieren. Masse und Rotation beeinflussen vermutlich, wie sich die Energie auf die Jets, den Wind und die zurückfallende Materie verteilt.

6. Gammastrahlungsausbruch
Die Materie in den Jets strömt nicht gleichförmig. Schnellere Klumpen prallen auf langsamere und lösen so interne Stoßwellen aus, die dann, etwa 100 000 Radien vom sterbenden Stern entfernt, zur plötzlichen Bildung der Gammastrahlung führen. Durch die relativistische Geschwindigkeit der Materie ist die Strahlung genauso gebündelt und ausgerichtet wie der Jet.

7. Nachglühen
Die Materiestrahlen prallen letztendlich auf das umgebende interstellare Gas, bei dem es sich zum Teil um die vom Wolf-Rayet-Stern selbst abgestoßene Hülle handelt. Sie werden dadurch abgebremst, fächern sich auf, stoßen mit den Gasteilchen zusammen und geben Energie an sie ab. So entsteht das Nachglühen der GRBs, das die Astronomen im optischen, Radio- und Röntgenbereich sehen. Seine Eigenschaften hängen stark von der Dichte des umgebenden Mediums ab.

ILLUSTRATION: S&T, CASEY B. REED

NASA, SSC / CXC / JONATHAN KEOHANE ET AL.

An den Frontalzusammenstoß eines Jets mit interstellarer Materie erinnert die blaue Balkenstruktur des Supernovarests W49B. Das Bild ist eine Überlagerung einer Aufnahme vom Nasa-Röntgensatelliten Chandra (blau) mit Infrarotdaten des Palomar Observatory (rot, grün). Handelt es sich um den Überrest eines GRBs in unserer Heimatgalaxie? Die Forscher sind sich uneins.

> die wir bisher gesehen haben«, so Neil Gehrels vom Goddard Space Flight Center der Nasa (GSFC), wissenschaftlicher Leiter der Swift-Mission.

Einige Astronomen vermuten, dass der Kern des Sterns in diesem Fall nicht zu einem Schwarzen Loch, sondern zu einem Neutronenstern kollabiert ist. Statt eines eng gebündelten, hoch relativistischen Materiestrahls hätte er dann einen weit aufgefächerten, lediglich schwach relativistischen Strom produziert. Es könnte sich also um eine Art GRB handeln, der gerade noch zu Stande gekommen ist: Die ausgestoßene Materie hat es mit Ach und Krach geschafft, aus dem Stern hervorzubrechen.

Alles eine Frage des Orts

Nahe GRBs wie 980425 und 060218 entfalten nur ein bis zehn Prozent der Gesamtenergie von denen mit hoher Rotverschiebung. Das deutet darauf hin, dass es bei den Vorgängersternen wichtige Unterschiede gibt. Allerdings reicht die Empfindlichkeit von Swift und anderen Satelliten nicht aus, um solch schwache Explosionen in Entfernungen größer als eine Milliarde Lichtjahre zu entdecken. Da diese in unserer näheren Umgebung aber dominieren, ist es durchaus denkbar, dass sie generell die Mehrheit der Ausbrüche im Universum ausmachen.

Während Swift immer mehr Bursts registriert, versuchen die Wissenschaftler die verbliebenen Geheimnisse gleich auf mehrfache Weise anzugehen. Wenn ein Jet auf das interstellare Gas trifft, führt er diesem eine gewaltige Energiemenge zu. Dadurch entsteht – unabhängig von seiner Richtung – eine helle Radioquelle. So war beispielsweise die Supernova 1998bw ein besonders heller Radiostrahler. Alicia Soderberg vom California Institute of Technology (Caltech) und ihre Kollegen beobachten gezielt Supernovae vom Typ Ic sowie die damit verwandten Supernovae des Typs Ib, in deren Spektren sich Helium zeigt. Das Team versuchte mit dem Very Large Array in New Mexico (VLA) herauszufinden, wie viele dieser Supernovae mit GRBs assoziiert sind, deren Jets nicht in Richtung Erde zeigen. Inzwischen haben sie bereits rund 150 Supernovae untersucht – doch nicht eine einzige Radioquelle gefunden, die auf einen Gammastrahlungsausbruch hinweist. Das bedeutet: Offenbar erzeugen weniger als ein Prozent aller Ib- oder Ic-Supernovae relativistische Materiestrahlen. »GRBs sind seltene Ereignisse; es sind also sehr spezielle Explosionen nötig, um sie zu generieren«, schließt Soderberg.

Auch die Untersuchung der Galaxien, in denen die Ausbrüche beobachtet wurden, liefert den Astronomen Erkenntnisse über die Natur der Vorgängersterne. Denn sie sind fast immer in irregulären Zwerggalaxien, wo massereiche Sterne in großer Zahl geboren werden, zu Hause. Dort gibt es zumeist nur einen geringen Anteil an Elementen, die schwerer als Wasserstoff und Helium sind (in Astronomensprache: Metalle), was wiederum bedeutet, dass das auch auf die GRB-Vorgängersterne zutrifft – eine Vorhersage des Kollapsarmodells.

In einer Studie, die 2006 in der Online-Ausgabe des Fachblatts »Nature« erschien, berichten Andrew Fruchter vom Space Telescope Science Institute (STScI) und seine Kollegen von Daten, die sie mit dem Weltraumteleskop Hubble gewonnen hatten. Lediglich eine von 42 untersuchten Galaxien mit einem GRB war eine Spirale, bei allen anderen handelte es sich um irreguläre Zwerggalaxien (Glossar S. 34). Auch gingen die GRBs überwiegend in den hellsten Regi-

onen hoch – also dort, wo sich die meisten und damit auch die meisten massereichen Sterne befanden. Im Unterschied dazu entstehen normale Supernovae ebenso häufig in Spiral- wie in Zwerggalaxien. Diese Ergebnisse bestätigten einmal mehr die vorherrschende Ansicht, dass die Vorgängersterne der GRBs sehr massereich und gleichzeitig arm an schweren Elementen sind.

Auch eine weitere Untersuchung von Krzysztof Stanek (Ohio State University) und neun weiteren Forschern bestätigte diese Vorstellung. Das Team nahm sich die Galaxien von fünf langen GRBs vor, darunter auch XRF 060218, deren Entfernung unter zwei Milliarden Lichtjahre liegt. Sie alle, so zeigte sich, haben einen Sauerstoffanteil von weniger als sechzig Prozent des Gehalts in der Sonne. Sauerstoff ist ein guter Indikator für die generelle Häufigkeit schwerer Elemente – je höher deren Anteil in der jeweiligen Galaxie, desto geringer die Energie des Ausbruchs.

Erde in Gefahr?

Dieser Zusammenhang zwischen Gammastrahlungsausbrüchen und schweren Elementen wirft auch ein neues Licht auf unsere eigene Existenz. Denn die gebündelten, energiereichen Strahlen eines GRB könnten eine planetarische Atmosphäre noch in einer Entfernung von Tausenden von Lichtjahren vollkommen zerstören. Doch im Verlauf von 13 Milliarden Jahren stellarer Evolution haben sich die Sterne der Milchstraße mehr und mehr mit schweren Elementen angereichert. Schon als die Erde vor 4,6 Milliarden Jahren entstand, dürften die meisten so reich an schweren Elementen gewesen sein, dass Ausbrüche nur noch ein verschwindendes Risiko für Leben tragende Planeten darstellten. »Deshalb können wir Bursts vermutlich von der recht langen Liste der Ereignisse streichen, die für Erde und Menschheit eine Bedrohung darstellen«, schließen Stanek und seine Kollegen.

Der geringe Anteil an schweren Elementen in den GRB-Vorgängersternen ist nicht nur eine gute Nachricht für uns Erdbewohner, sondern auch ein ganz entscheidender Hinweis darauf, um was für Sterne es sich handelt. »Die Häufigkeit schwerer Elemente und die Rotation hängen zusammen«, erklärt Dale Frail vom National Radio Astronomy Observatory (NRAO). Die Schlüsselfrage der Forschung sei, sagt er, wie ein explodierender Stern über die Aufteilung der Energie zwischen den relativistischen Jets und der Explosionswelle der Supernova, die den Stern zerfetzt, entscheide. Im Kollapsarmodell muss der explodierende massereiche Stern ein großes Reservoir an Rotationsenergie anzapfen können, um schlagkräftige Jets zu produzieren.

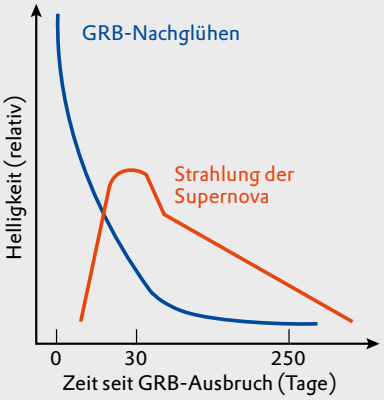
Es geht nur mit dem richtigen Dreh

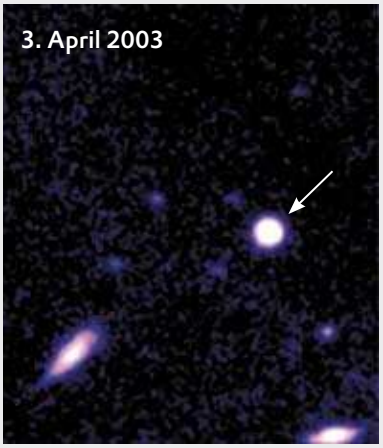
Denn sonst kommt es nur zu einer ganz gewöhnlichen oder einer »gescheiterten« Supernova, bei der die meiste Materie zu einem Schwarzen Loch kollabiert, ohne dass eine spektakuläre Explosion folgt.

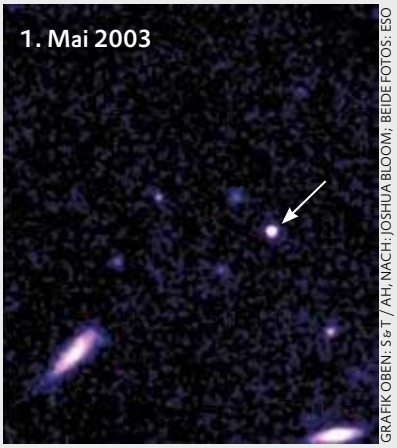
Elemente, die schwerer als Wasserstoff und Helium sind, besitzen mehr Elektronen und werden so vom intensiven Strahlungsdruck massereicher, leuchtkräftiger Sterne stärker abgestoßen. Daher bildet sich bei einer Sonne mit hohem Metallgehalt ein stärkerer stellarer Wind. Dieser wiederum bremst über das Magnetfeld die Rotation des Sterns, der sich dann zu langsam dreht und in einer gewöhnlichen Supernova ohne Gammastrahlungsausbruch vergeht.

Einige Theoretiker glauben sogar, der Drehimpuls sei von so großer Bedeutung, dass es keine Rolle spielt, ob der Kern des Sterns überhaupt zu einem Schwarzen Loch kollabiert. »Auch wenn aus dem Kollaps nur ein Neutronenstern resultiert, kann er GRB-Jets produzieren«, meint Joshua Bloom von der University of California in Berkeley. Denn auch er kann durch Dynamoprozesse das Magnetfeld um ihn herum gewaltig verstärken; die Astronomen nennen ihn dann »Magnetar«. Ein Schwarzes Loch kann freilich – bei kleinerem Radius – mehr Masse in sich vereinigen, somit steht hier ein zusätzliches Reservoir an Gravitationsenergie zur Verfügung, das angezapft werden kann.

In dem gezeichneten Bild führt also nur eine seltene Kombination von Umständen dazu, dass ein Stern bei seiner Explosion auch einen Gammastrahlungsausbruch aufweist. Soderberg hat bei ihren bisherigen Radiobeobachtungen tatsächlich keine Supernovae mit relativistischen Materiestrahlen gefunden. Denn ein Stern muss massereich genug sein, um ein Schwarzes Loch oder einen Neutronenstern zu erzeugen, er muss >

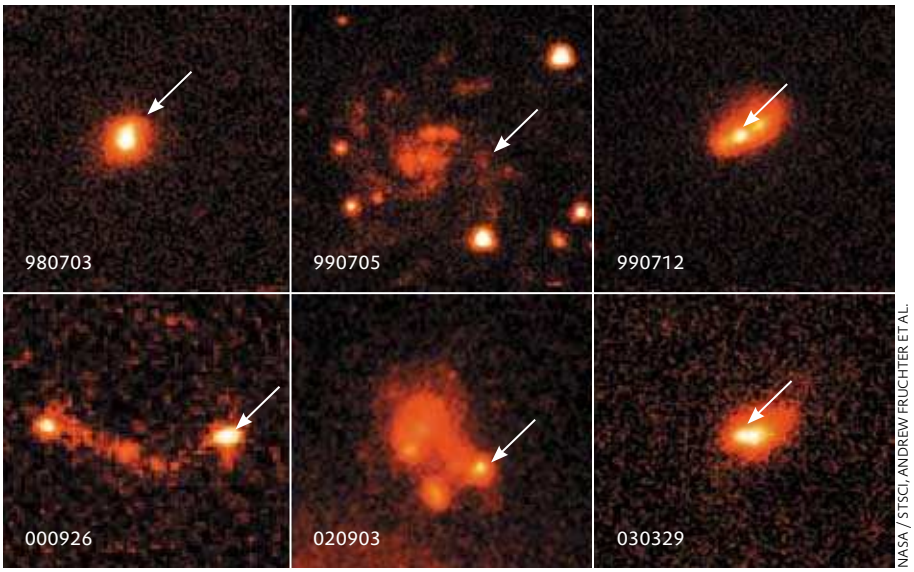






GRAFIK OBEN: S & T / AH, NACH: JOSHUA BLOOM; BEIDE FOTOS: ESO

Nachbrenner Die Grafik oben illustriert, dass das Nachglühen des GRB (Pfeile) im sichtbaren Licht für etwa vier Wochen heller ist als die damit verbundene Supernova. In der Beobachtung sieht das aus wie in den beiden Fotos des Gammastrahlungsausbruchs vom 29. März 2003: Nach fünf Tagen, am 3. April (Mitte), ist er noch deutlich heller als vier Wochen später, am 1. Mai (unten).



NASA / STSCI, ANDREW FRUCHTER ET AL.

Die meisten Ausbrüche finden in den irregulären Zwerggalaxien statt, wie hier auf den Hubblebildern zu sehen ist. Eine Ausnahme: GRB 990705 (oben Mitte) ging in einer Spiralgalaxie hoch.

> seine äußere Hülle abstoßen und sein Kern muss beim Kollaps sehr schnell rotieren.

Diese Bedingungen stellen offenbar die Natur nicht vor große Probleme – die Theoretiker aber schon. So darf sich ein GRB-Vorgängerstern zum Beispiel nicht zu einem Roten Riesen aufblähen – eine geradezu zwangsläufige Phase in der Entwicklung, bei der er einen Großteil seines Drehimpulses verliert. Zudem besitzen massereiche Sterne mit einem geringen Anteil an schweren Elementen nur schwache stellare Winde. Sie behalten in der Regel ihre dicke Hülle aus Wasserstoff, die zum Zeitpunkt des Kernkollapses jeden Jet erstickt. GRB-Vorgängersterne müssen es also irgendwie schaffen, ihre Hülle abzustoßen und dabei ihre rasche Rotation beizubehalten.

Ein – im wahrsten Sinn des Wortes – naheliegender Weg aus diesem Dilemma wäre ein enger Begleiter, der die Hülle des GRB-Vorgängersterns absaugt. Stan Woosley hat mit Alexander Heger (Los Alamos National Laboratory) aber noch eine andere Lösung gefunden: Neuere theoretische Arbeiten zeigen nämlich, dass sich in einem schnell rotierenden, massereichen Stern die inneren Schichten durchmischen. Dadurch kann sich ein massereicher Stern ohne den üblichen Umweg über die Rote-Riesen-Phase direkt in einen Wolf-Rayet-Stern verwandeln – und bei dem Übergang seinen Drehimpuls behalten.

Dieses Modell erklärt, warum GRBs mit großen Rotverschiebungen so hohe Energien besitzen und warum sie so ausgeprägte Jets haben. Denn Sterne mit einem geringen Anteil an schweren Elementen verlieren vergleichsweise wenig Materie durch Winde: Sie behalten ihre große Masse bis zu ihrem Tod. Deshalb entstehen aus ihnen Schwarze Löcher, die auf ein größeres Reservoir an Rotationsenergie und Materie aus der Akkretionsscheibe zurückgreifen können, um die Jets länger mit Energie zu versorgen. Ein solcher Kollapsar erzeugt also einen sehr leuchtstarken Ausbruch.

Gelüftete und ungelüftete Geheimnisse

Im Gegensatz dazu besitzen die Vorgängersterne der nahen GRBs mit geringeren Energien vermutlich geringere Massen und rotieren langsamer. Dem Kollapsarmechanismus steht weniger Materie zur Akkretion und weniger Rotationsenergie zur Verfügung, um die relativistischen Jets anzutreiben. Beim Explosionsprozess verteilt sich die Energie zum größeren Teil auf die Supernova und zum kleineren Teil in die Jets. Im Verlauf der kosmischen Entwicklung produzieren die Sterne immer mehr schwere Elemente. Deshalb sollte die Häufigkeit und die Energie der GRBs abnehmen – und genau das wird auch festgestellt.

Theorie und Beobachtungen haben gemeinsam ein Bild ergeben, wie ein massereicher Stern unter den richtigen Bedingungen bei seinem Tod relativistische Jets entfesseln kann – und warum einige Ausbrüche energiereicher sind als andere. Doch es bleiben viele ungelöste Probleme: Woraus bestehen die Jets? Mit welchem Öffnungswinkel werden die Gammastrahlen ausgesendet? Wie genau entstehen sie und die Röntgenstrahlenausbrüche? Wie sehr hängt das, was wir sehen, von unserem Blickwinkel ab? Wie beeinflussen Masse, Rotation, der Anteil an schweren Elementen und die Existenz eines etwaigen Begleiters die Abläufe bei einem Ausbruch? Bei wie vielen der »langen Ereignisse« entstehen Schwarze Löcher – und bei wie vielen Neutronensterne? Gibt es ein breites, durchgehendes Spektrum an Explosionen oder einige deutlich unterscheidbare Klassen? All diese Probleme lassen sich letztlich zu einer einzigen Frage zusammenfassen, die zwar einfach erscheint, sich in der Praxis aber als äußerst komplex erweist: Wie sterben massereiche Sterne?

Die Astronomen sind sich auch dessen bewusst, dass es noch ein weiter Weg ist, bis sie die Natur der kurzen Gammastrahlenausbrüche erkennen können. Denn während die Beobachtungen von Swift bei den langen GRBs die grundlegenden Fragen geklärt haben, sorgten seine Beobachtungen der kurzen eher für weitere Verwirrung. Bislang kann kein einziges Modell ihre eigenartige Vielfalt erklären. Vielleicht entstehen die kurzen GRBs durch viele unterschiedliche Prozesse, in die aber auf jeden Fall Schwarze Löcher oder Neutronensterne verwickelt sind.

Gammastrahlenausbrüche sind zwar nicht ganz so energiereich wie ursprünglich angenommen, doch sie helfen dabei, über das Schicksal der massereichen Sterne zu lernen, und liefern uns Informationen über einige der extremen Prozesse im Universum. Einmal mehr können die Forscher die Genialität der Natur bewundern – aus sicherer Entfernung. <<

S & T-Redakteur **Robert Naeye** will diesen Artikel in zehn Jahren noch einmal lesen, um zu prüfen, welche Fortschritte die Forschung bis dahin gemacht hat.

Animationen und weiterführende Links zu diesem Artikel finden Sie unter http://www.astronomie-heute.de/artikel/862158.

Science-Shop.de

vor allem Wissen

■ Der Jugendbrockhaus – Weltall und Raumfahrt

2006, 260 S. m. über 400 Farbfotos u. 30 Zeichn., geb., Brockhaus.
Bestell-Nr. 2265.
€ 19,95 (D), € 20,60 (A)

Ab 12 Jahren. Weißer Zwerg und Roter Riese, Spaceshuttle und Mondauto: »Der Jugend Brockhaus Weltall und Raumfahrt« bietet das gesamte Universum kompakt in einem Band! Ca. 300 Stichworteinträge, über 400 Farbfotos und 30 Zeichnungen liefern spannendes Wissen für angehende Weltraumforscher und Astronauten. Als Einstieg in das jeweilige Thema bringen doppelseitige Blickfangfotos zum Kapitelauftakt das Abenteuer Weltall und Raumfahrt zum Greifen nah. Interaktive Forscherboxen mit verblüffenden Experimenten sowie praktische Tipps runden das Werk ab.

Ralf Klessen

■ Sternentstehung

Vom Urknall bis zur Geburt der Sonne

2006, XIV, 82 S. m. 40 Farbabb., geb., Spektrum.
Bestell-Nr. 2262.
€ 12,– (D), € 12,40 (A)

Mit modernen Großteleskopen können wir am Nachthimmel den Verlauf der Sternengeburt in unserer Milchstraße im Detail untersuchen, z. B. im Wintersternbild Orion. Gleichsam vor unserer kosmischen Haustüre, bilden sich dort junge Sterne wortwörtlich haufenweise aus ihrer Geburtsmaterie in riesigen Gas- und Staubwolken. Ein komplexes Wechselspiel aus Schwerkraft, Überschallturbulenz und Magnetismus bringt braune Zwerge, rote Riesen, schwarze Löcher, aber auch ganz normale Sterne wie unsere Sonne hervor. Der Heidelberger Professor Ralf Klessen erklärt und beschreibt in diesem Buch die astrophysikalischen Grundlagen des Sternbildungsprozesses auf sehr anschauliche und reich illustrierte Weise.

Ronald Stoyan

■ Teleskop-1x1

Ein Handbuch für Fernrohr-Besitzer

2006, 62 S. m. 75 Abb., kart., Oculum.
Bestell-Nr. 2263.
€ 7,90 (D), € 8,20 (A)

Viele Besitzer eines Teleskops verzweifeln an der Bedienung des Geräts. Das muss nicht sein: Das Taschenbuch zeigt einsteigergerecht und reich illustriert, wie man ein astronomisches Fernrohr aufbaut, ausrichtet und damit beobachtet. Der Clou: Das »Teleskop 1x1« ist so klein, dass es auf jeden Ausflug ins All problemlos mitgenommen werden kann. Empfohlen von zahlreichen Teleskop-Anbietern, die das »Teleskop 1x1« in die Grundausstattung ihrer Einsteiger-Geräte übernommen haben.

■ RedShift 6, Premium-Version, DVD-ROM

Das virtuelle Planetarium

2006, für Windows, USM.
Bestell-Nr. 2289.
€ 89,90 (D), € 92,50 (A)

SONDERPREIS

Erleben Sie eine spektakuläre Darstellung des Universums mit wissenschaftlichen Daten von höchster Qualität!

Für diese neue Version wurden die wichtigsten Programmelemente und -funktionen von »RedShift« erneut überarbeitet und aktualisiert, zum Beispiel die Kataloge, die Fotos der Himmelsansichten, die Planetendaten und die Darstellung des Himmelsfensters; ferner wurden mehrere Führungen neu hinzugefügt.
Es gibt auch einige neue Programmfunktionen und -features: die Teleskopsteuerung, den 3D-Flug, den Makrorecorder, die Joystick-Steuerung sowie Internet-Schnittstellen mit dem Digitized Sky Survey und den Google Maps. Außerdem im Falle von Internetanbindung: Suche nach verfügbaren Updates (für Kometen, Asteroiden und Raumsonden) bei jedem Programmstart.

Jerry T. Bonnell/
Robert J. Nemiroff

■ Das Weltall – Tag für Tag

Mit immerwährendem Kalendarium

2006, 744 S. m. 372 farb. Abb., geb., Knesebeck.
Bestell-Nr. 2264. **€ 33,– (D),** € 34,– (A)

In diesem Folgeband zu dem Bestseller **»Das Universum – Tag für Tag«** zeigen Bonnell und Nemiroff eine neue Auswahl an Bildern ihrer Website »Astronomy Picture of the Day«, die als eine der besten und erfolgreichsten Wissenschaftsadressen im Internet gilt. Wir sehen Aufnahmen der beiden Marsrover Spirit und Opportunity und der Saturnsonde Cassini sowie die jüngsten Entdeckungen der Weltraumteleskope Hubble und Spitzer. Ein kurzer Text begleitet jedes Bild und macht die kosmischen Phänomene begreiflich. Dieses Buch wird jeden Weltraumenthusiasten begeistern.

■ Expedition in die Wissenschaft: Sach- und Spaßgeschichten aus Physik und Astronomie

Erlebnis Wissenschaft

2006, XII, 270 S. m. Abb., kart., Wiley-VCH. ***Bestell-Nr. 2286.***
€ 19,90 (D), € 20,50 (A)

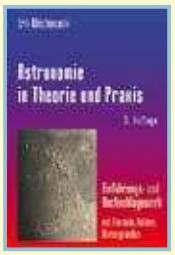
Dass Wissenschaft spannend erzählt werden kann, beweist Wiley-VCH seit zehn Jahren mit der Reihe »Erlebnis Wissenschaft«. Zum Jubiläum gibt es nun etwas ganz Besonderes: Es geht auf eine unterhaltsame »Expedition in die Wissenschaft« mit neuen Geschichten der Erfolgsautoren.

Mark A. Garlick

■ Der große Atlas des Universums

2006, 304 S. m. 1000 farb. Fotos u. Illustr. u. 100 Sternktn., plus CD-ROM, geb., Kosmos.
Bestell-Nr. 2188.
€ 49,90 (D), € 51,30 (A)

Auf über 300 Seiten präsentiert der Atlas in besonders anschaulicher Form das ganze Weltall, vom Sonnensystem über unsere Milchstraße bis hin zu fernen Galaxien. Über 1000 Fotos und Illustrationen – das ganze Universum, einzigartig anschaulich. Extra: mit der CD-ROM »3D-Atlas des Universums.«



Erik Wischnewski

■ Astronomie in Theorie und Praxis

Einführungs- und Nachschlagewerk mit Formeln, Fakten, Hintergründen

3. überarbeitete u. erweiterte Auflage, Oktober 2006. 727 S. m. zahlr. Tab., Diagrammen u. s/w Abbildungen, geb., Selbstverlag.
Bestell-Nr. 2290. **€ 49,– (D),** € 51,– (A)

Auch in der dritten Auflage besticht dieses Buch wieder durch die Fülle der angesprochenen Themen und dem ausgewogenen Verhältnis von Theorie und Praxis. Jeder, der sich ernsthaft mit Astronomie beschäftigt, wird immer gerne wieder darauf zurückgreifen.

Das ist neu: Das Kapitel »Astrofotografie« ist in erheblichem Maße um die Digitaltechnik erweitert worden. Außerdem gibt es das neue Kapitel »Photometrie«, das ergänzend zur visuellen Photometrie, welches weiterhin im Kapitel »Veränderliche« angesiedelt bleibt, nunmehr die lichtelektrische Digitalfotometrie mittels CMOS-Bildsensoren behandelt. Weitere Ergänzungen betreffen das Thema Taubildung, zahlreiche physikalische Effekte und viele Einzeldarstellungen. Außerdem wurde die Anregung eines Lesers aufgegriffen und viele Deep-Sky-Objekte ergänzt.

Portofreie Lieferung in D & A ab einem Bestellwert von € 20,–*

Rudolf Kippenhahn

■ Kippenhahns Sternstunden

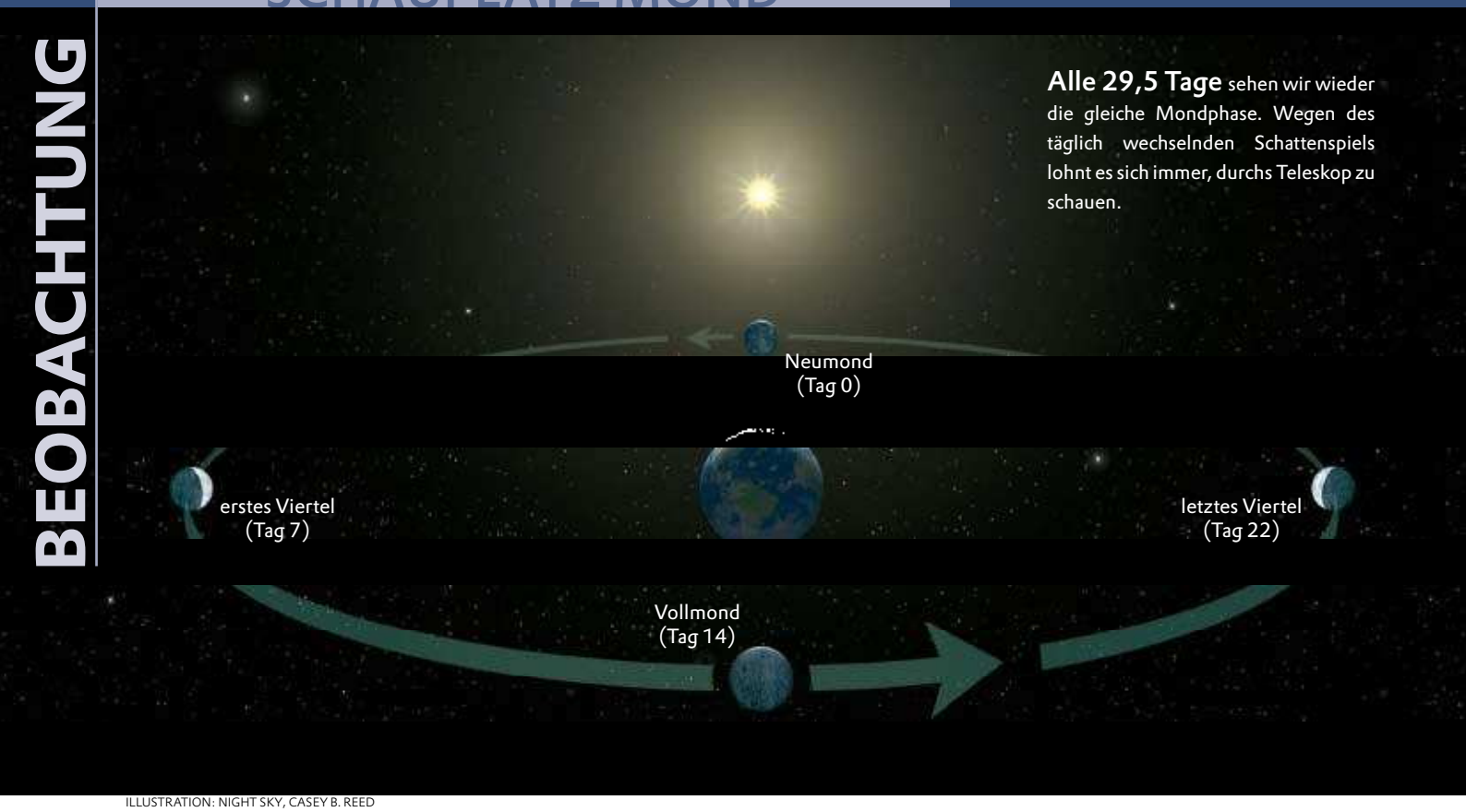
2006, 192 S. m. 90 Fotos u. Illustr., geb., Kosmos.
Bestell-Nr. 2189.
€ 14,95 (D), € 15,40 (A)

Wer dieses Buch von Rudolf Kippenhahn aufschlägt, liest sich sofort fest. Kurioses und Spannendes aus dem Universum weiß er auf eine Weise zu berichten, als wäre die Astronomie die einfachste Sache der Welt. Wie man eine Formel ohne Formel erklärt oder ob ein gewisses Lambda die Welt regiert – seine »Plauderstündchen in Buchform« sind vergnüglich und informativ.

Bequem bestellen:

→ direkt bei www.science-shop.de
→ per E-Mail: info@science-shop.de
→ telefonisch 06221/9126-841
→ per Fax: 0711/7252-366
→ per Post: Postfach 810680 • 70523 Stuttgart

* Bei Bestellungen in Deutschland & Österreich unter € 20,– sowie bei Bestellungen im sonst. Ausland berechnen wir € 3,50. Alle Preise inkl. Umsatzsteuer. Preise unter Vorbehalt.



Alle 29,5 Tage sehen wir wieder die gleiche Mondphase. Wegen des täglich wechselnden Schattenspiels lohnt es sich immer, durchs Teleskop zu schauen.

ILLUSTRATION: NIGHT SKY, CASEY B. REED

Ein Monat mit dem Mond

In welcher Phase auch immer er sich befindet – unser wunderbarer Begleiter im All hat viel zu bieten. **>> Patrick Thibault**

Manche Sterngucker ärgern sich über den Mond: Seine Helligkeit mache es schwer, schwache Nebel, Galaxien und andere Deep-Sky-Objekte zu erkennen, sagen sie. Doch mir erscheint der Erdtrabant immer wie ein verzaubertes Land, das sich auch bei weniger guten Himmelsbedingungen erkunden lässt. Egal, ob als hauchdünne Sichel oder als volle Scheibe, die am Nachthimmel prangt – er bietet jederzeit einen prachtvollen Anblick. Das Spiel der langen Schatten zwischen den turmhohen Berggipfeln und den ausgedehnten, flachen Kratern empfinde ich jedes Mal, wenn ich es sehe, als wunderschön und macht mich immer wieder neugierig. Und weil der Mond so nah ist, können Sie selbst mit einfachsten astronomischen Instrumenten – ja, sogar mit dem bloßen Auge – einige seiner Besonderheiten erkunden.

Alle 29,5 Tage durchläuft unser Begleiter auf seiner Bahn um die Erde einen kompletten Zyklus – von der schmalen, zunehmenden Mondsichel bis zur fetten Scheibe und wieder zurück. Unsere Reise dauert einen Monat und beginnt kurz nach Neumond. Astronomen bezeichnen diesen Tag als »Tag 0« des lunaren Monats. Die Tour setzt sich fort mit dem ersten Viertel (Tag 7) und führt über den Vollmond (Tag 14) bis zum letzten Viertel (Tag 22). Ich habe die Zeitpunkte ausgewählt, an denen einige meiner Lieblingsziele nahe am Terminator liegen, also an der Grenze zwischen Licht und Schatten, zwischen Mondtag und Mond-

BERND FLACH-WILKEN

Am Westufer des Mare Nectaris liegen drei auffällige Krater, die man am besten fünf Tage nach Neumond sehen kann.

nacht. Dort wirft der im flachen Winkel einfallende Sonnenschein lange Schatten, die die Formen der Krater und Berge hervorheben, sodass sie dreidimensional wirken.

Der junge Mond

Tag 3. Nur wenige Himmelsschauspiele sind schöner als der Anblick der schmalen Mondsichel in der Abenddämmerung. Sie nimmt jetzt zu; Nacht für Nacht wird unser Begleiter ein Stück mehr beleuchtet. Auf seinem unbeleuchteten Teil können Sie oft ein schwaches Schimmern wahrnehmen, das »aschgraue Mondlicht«. Es wird manchmal poetisch »der alte Mond in den Armen des neuen« genannt. Dieser »Erdschein« ist Sonnenlicht, das von der Erde auf die Mondoberfläche reflektiert und wiederum zu uns zurückgeworfen worden ist. Bei optimalen Bedingungen können Sie sogar einige Strukturen erkennen, die sich in der vom fahlen Licht erhellten Gegend befinden.

Eins der hervorstechendsten Merkmale der zunehmenden Sichel ist das Mare Crisium (lateinisch für »Meer der Gefahren«), ein ovaler dunkler Fleck nördlich des Mondäquators mit einem Durchmesser von ungefähr 560 Kilometern. In der Karte auf S. 45 befindet es sich rechts oben. Ich besuche das Mare Crisium bei jedem neuen Zyklus. Wenn Sie das Meer von Monat zu Monat im Auge behalten – oder auch nur ein paar Nächte lang –, dann werden Sie feststellen, dass es sich auf den Rand des Monds zu bewegt und wieder von ihm weg. Manchmal finden Sie es sehr nahe am Rand, dann sieht es länglicher aus als sonst. Dieses Phänomen können Sie auch ohne Hilfsmittel beobachten. Das schwache »Nicken« der Scheibe heißt Libration und entsteht durch das Zusammenspiel der leicht schwankenden Geschwindigkeit unseres Begleiters in seiner Umlaufbahn mit anderen Faktoren.

Tag 5. Jetzt liegen drei auffällige Krater am Terminator – mit einem Feldstecher können Sie sie leicht entdecken (Foto links). Der erste, Theophilus, ist ein hundert Kilometer weiter Ring, der sich am Ufer des Mare Nectaris (Nektar-Meer) befindet. Durch ein Fernrohr mit achtzigfacher Vergrößerung sehen Sie einen langen, schmalen Schatten, der von der 1400 Meter hohen Berggruppe im Zentrum von Theophilus ausgeht. Ich verwende gern eine starke Vergrößerung, um einzelne Gipfel zu unterscheiden und um die terrassierten Innenwände des Kraters genau zu inspizieren.

Der benachbarte Krater Cyrillus ist genauso groß. Er ist ebenfalls ringförmig, auch wenn ein Teil seines Außenrands von Theophilus durchbrochen wurde. Die abendlichen Schatten markieren seinen Kraterrand, der mir in nord-südlicher Richtung leicht gestreckt erscheint. Der nahe gelegene Krater Catharina ist von ähnlicher Größe, aber ihm fehlt ein Zentralberg und sein Kraterrand ist teilweise verschwunden. Halten Sie Ausschau nach dem Gebirgszug Rupes Altai, der an Catharinas südlichem Rand entlang verläuft (siehe Foto links unten).

Tag 8. Manche Mondgucker halten den Termin des ersten Viertels (Tag 7) für die günstigste Beobachtungszeit. Aber warten Sie noch einen Tag ab: Dann setzt das Sonnenlicht ein paar weitere Sehenswürdigkeiten in Szene.

Am Nordrand des Mare Imbrium (Regen-Meer) zum Beispiel liegt Plato (Foto rechts oben). Dieser hundert Kilometer große Krater wird manchmal mit einer »eingedämmten Ebene« verglichen und besitzt keinen zentralen Gipfel, aber dafür einen lavabedeckten Boden, der dunkler wirkt als seine Umgebung. Er ist tatsächlich kreisrund, sieht jedoch wegen der verkürzenden Perspektive an diesem nördlichen Breitengrad wie ein Oval aus. In meinem Zwanzig-Zentimeter-Teleskop sehe ich schon bei vierzigfacher Vergrößerung eine Kraterwand im Schatten liegen, während die gegenüberliegende hell erleuchtet ist. Probieren Sie auch höhere Vergrößerungen aus, um zu sehen, ob Sie die winzigen Krater auf Platos Boden sehen können.

Genau südlich von Plato liegt Pico, ein einzelner, 16 bis 24 Kilometer breiter Berg, der sich schroff 2400 Meter über dem Terrain erhebt. Die Hänge sind gar nicht einmal so steil, aber zu diesem Zeitpunkt des Mondzyklus sehen Sie, wie Pico einen langen, schlanken Schatten wirft, der den Eindruck eines hoch aufragenden Bergs hervorruft. Manche Beobachter erinnert er an die Turmspitze einer Kathedrale.

Bewegen wir uns jetzt auf der Mondscheibe weiter nach Süden. Im Ostteil des Mare Nubium (Meer der Wolken) liegt Rupes Recta, die 250 bis 300 Meter hohe »Lange Wand« (Foto S. 44 unten). Sie lässt sich mit einem kleinen Teleskop leicht ausmachen. Auch wenn sie wie eine steile Klippe aussieht, hat sie doch nur eine Neigung von ungefähr 15 Grad. Heute Abend erscheint die 130 Kilometer lange Mauer wie eine dünne, dunkle Linie – aber in 15 Tagen wird sie ganz anders aussehen.

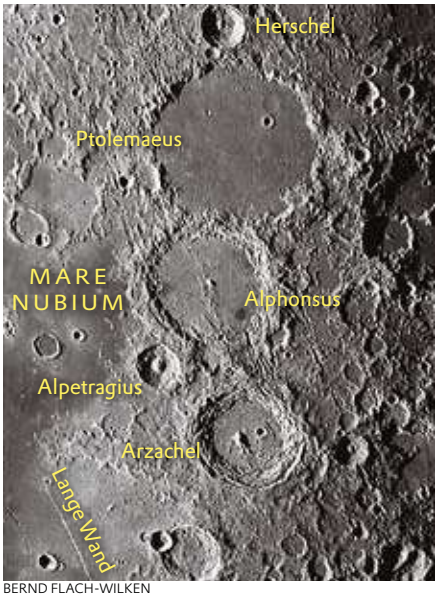
Tag 9. In der Osthälfte des Oceanus Procellarum (Ozean der Stürme) finden Sie >

THIERRY LEGAULT

BERND FLACH-WILKEN

Plato und der Berg Pico auf der Ebene des Mare Imbrium sind leicht zu erkennen (oben), Krater Plato mit einem flachen Boden. Der wunderbare Krater Copernicus (unten) besitzt terrassierte Wände und helle Strahlen.

BERND FLACH-WILKEN



BERND FLACH-WILKEN

OBERES FOTO: LPI, USRA; UNTEN: THIERRY LEGAULT

> eine der großartigsten Sehenswürdigkeiten des Monds. Copernicus (unteres Foto), ein spektakulärer, 93 Kilometer breiter Krater, zeichnet sich durch tief terrassierte, festungsartige Wände aus, die sich 900 Meter über die umgebende Ebene erheben. Sein Inneres besitzt einen relativ flachen Boden mit auffälligen Bergen im Zentrum.

Tag 12. Die Mondscheibe erscheint jetzt deutlich gewölbt. Diese Form können Sie in den Tagen um Vollmond sehen. Im Nordteil des Mare Humorum (Meer der Feuchtigkeit) steckt der auffällige, lavaüberflutete Krater Gassendi (Foto links oben). Er hat einen Durchmesser von ungefähr 110 Kilometern, seine Wände ragen bis zu 1860 Meter auf. In der Mitte des Kraters erheben sich einige Berge, die Sie gar nicht übersehen können. Gassendi hat in der Südwand eine Lücke – dort gehen die Schatten von Tiefschwarz in Hellgrau über. Ein Netz aus Spalten durchzieht den Kraterboden. Sie sehen aus wie dünne Fäden, die unter hoher Spannung stehen. Einige davon sind recht schwer zu entdecken, je nachdem, wie groß Ihr Teleskop ist und ob die Atmosphäre ruhig genug ist.

In den Nordrand ragt der Nebenkrater Gassendi A hinein. Der Hauptkrater hat einen dreimal so großen Durchmesser; die Wände von Gassendi A sind jedoch fast doppelt so hoch wie die des größeren Nachbarn. Und da Sie sich gerade in der Gegend umschauen: Übersehen Sie nicht die spektakulären Rillen, die über den Hauptboden von Mare Humorum verlaufen, auf der gegenüberliegenden Seite von Gassendi.

Wechselnde Landmarken

Der jüngere Krater Gassendi A unterbricht den Nordrand von Gassendi (oben). Das Relief der großen Krater Ptolemaeus, Alphonsus und Arzachel (Mitte) ist deutlich sichtbar, wenn der Mond in seinem ersten oder (wie hier) in seinem letzten Viertel steht. Am linken unteren Bildrand ist die Lange Wand zu erkennen. Bei Sonnenaufgang erscheint sie schwarz und wirft ihren Schatten auf die dunkle Ebene des Mare Nubium. 15 Tage später erhellen sie die Strahlen der untergehenden Sonne (Fotos unten).

Vollmond

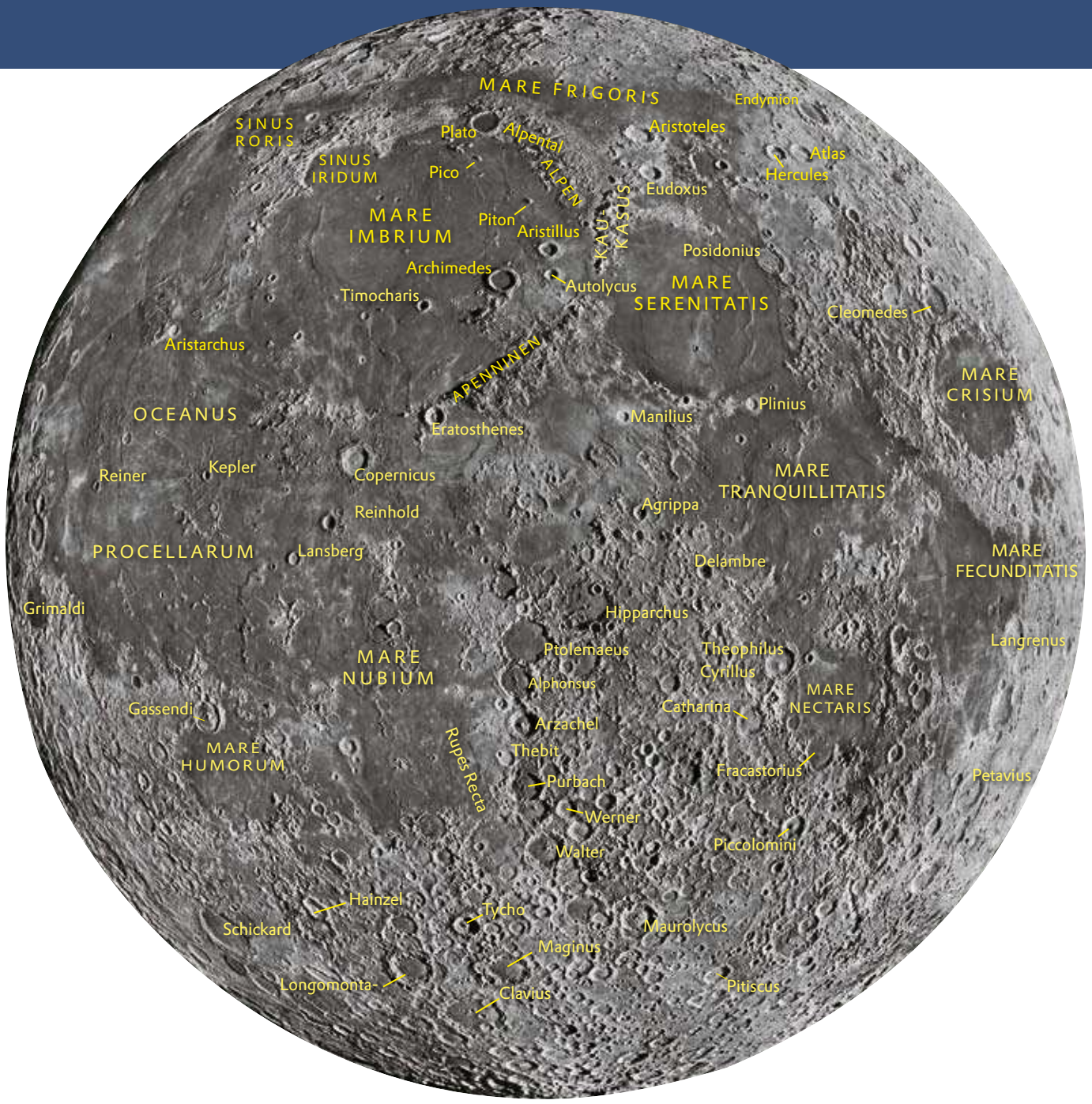
Benutzen Sie am besten einen Feldstecher, um bei Vollmond die Strahlen zu studieren, die wie helle Speichen von den großen Kratern ausgehen. Nahe am Südpol befindet sich Tycho, ein 85 Kilometer großer Krater – der Mittelpunkt des auffälligsten Strahlensystems auf dem Mond. Ein anderer Strahlenkranz geht von Copernicus aus. Können Sie die Struktur auch schon mit dem bloßem Auge entdecken?

Weil es bei Vollmond keine Schatten gibt, ist es eine ziemliche Herausforderung, die Landmarken zu identifizieren, die ein paar Tage früher noch nahe dem Terminator lagen und lange, auffällige Schatten warfen. Doch bei direktem Sonnenlicht können Sie andere Eigenschaften der Landschaft besonders gut beobachten. Zum Beispiel lassen sich dunklere Farbtöne in den Meeren (Maria) erkennen – Variationen, die auf Grund unterschiedlichen Alters und verschiedener Zusammensetzung dieser alten vulkanischen Ströme entstanden. Auf mich wirkt das Mare Tranquillitatis bei Vollmond insgesamt merklich dunkler als andere Meere, und die östlichen und südlichen Ufer von Serenitatis sehen dunkler aus als das Innere. Schauen Sie selbst einmal danach!

Der Anblick nahe dem letzten Viertel

Tag 20. Seit mehreren Tagen nimmt der Mond immer mehr ab. Wenn die Sonne über dem großen Krater Maurolycus im zerklüfteten südlichen Hochland untergeht, wirkt er im Teleskop bei geringer Vergrößerung nahezu abstrakt. Ich finde den Schatten des Zentralbergs besonders beeindruckend: Er sieht aus wie ein gigantischer Uhrzeiger, der den Außenrand der 110 Kilometer weiten Senke fast berührt. Die Kraterwände, die teilweise bis zu 4600 Meter über den Boden aufragen, erscheinen tiefschwarz.

Tag 22. Viele der Strukturen, die im ersten Viertel zu sehen waren, tauchen jetzt wieder am Terminator auf – bloß die Richtung der Sonnenstrahlen hat gewechselt. Der 153 Kilometer große Krater Ptolemaeus nordöstlich des Mare Nubium hat eine sechseckige Form. Seine kahlen Wände erscheinen weiß; in den Krater Herschel im Norden fallen Schatten. Bei dieser Gelegenheit können Sie einmal die maximale Vergrößerung



AUS: PABLO LONNIE PACHECO RAILEY, CONSOLIDATED LUNAR ATLAS (CLA), LPI, 2004, DIGITALISIERT VON E. DOUGLASS UND M.S. O'DELL

Was, wann, wo? Im Lauf eines Monats passiert die Grenze zwischen Licht und Schatten jeden Krater einmal. Mit dieser Karte können Sie herausfinden, was Sie gerade im Teleskop beobachten.

Ihres Teleskops ausprobieren und nach kleinen Kratern auf dem Boden von Ptolemaeus suchen.

Scheinbar an dessen Südrand geklebt ist der Krater Alphonsus mit seinem 1160 Meter hohen, zentralen Gipfel. Seine Kraterwände ragen doppelt so hoch über seinen Boden. Südlich von Alphonsus befindet sich ein weiterer klobiger Einschlagsrest: Arzachel. Er besitzt noch höhere Festungswälle. Das Zusammenspiel von Hell und Dunkel ruft regelmäßig einen faszinierenden Anblick hervor. Der Schatten des Zentralbergs reicht bis zur Hälfte des 48-Kilometer-Radius.

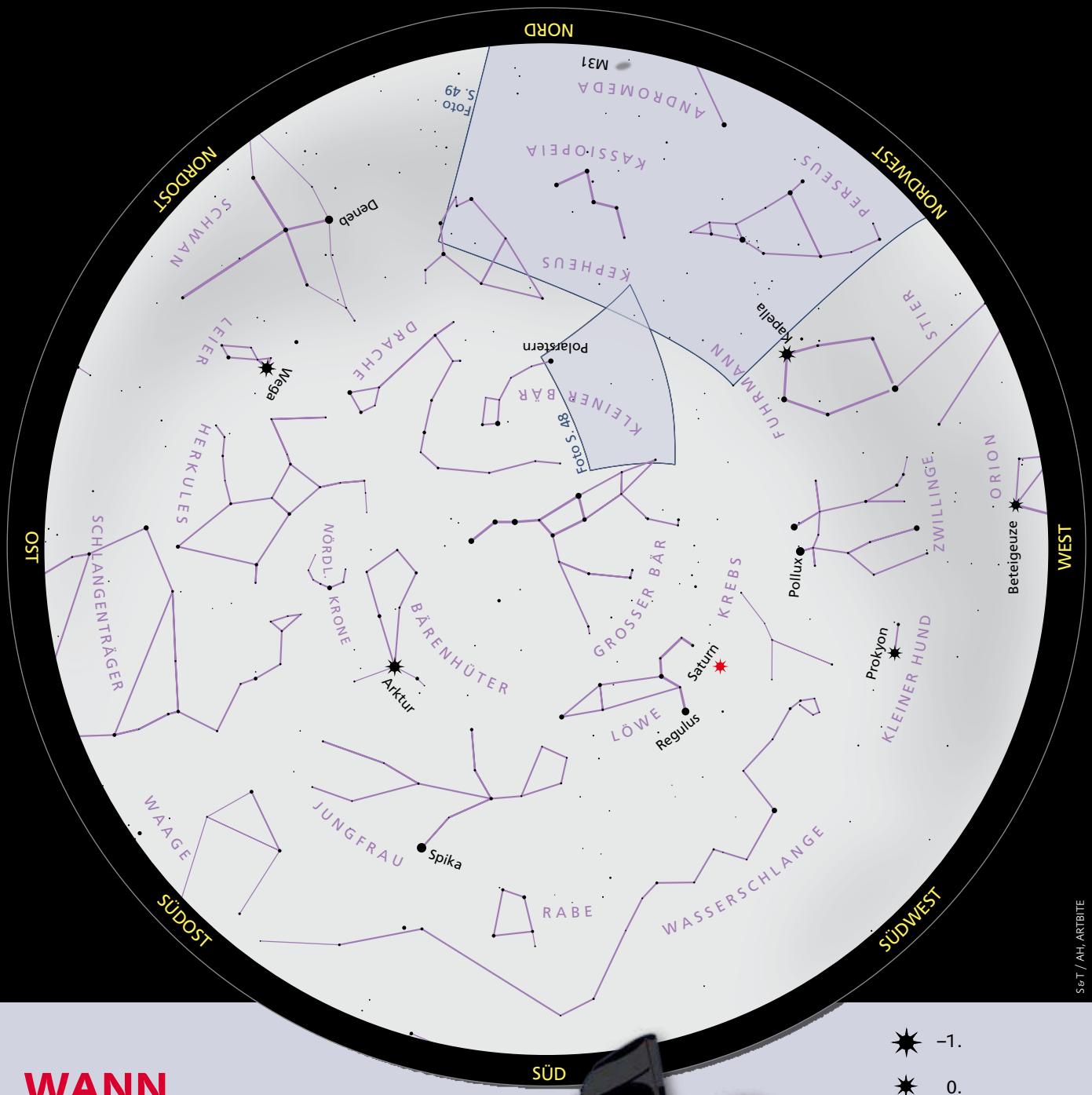
Zwischen Alphonsus und Arzachel finden Sie den halb so großen Alpetragius. Wenn Sie ihn bei passendem Sonnenstand erwischen, sehen Sie sein Inneres im Halbdunkel liegen, während der sonnenbeschienene Zentralgipfel strahlend weiß im Sonnenlicht liegt.

Tag 23. Jetzt geht der Mond nicht mehr vor Mitternacht auf – um ihn ein bisschen zu beobachten, müssen Sie also entweder lange aufbleiben oder früh am Morgen aufstehen. Aber es ist die Mühe wert: Ich werde nie müde, Rupes Recta anzuschauen, die Lange Wand. Halten Sie heute Ausschau nach der dünnen, weißen Linie, die von ihrer Flanke reflektiert wird.

Solche großartigen Anblicke bietet der Mond jede Nacht. Ich konnte hier nur einige meiner Favoriten erwähnen; weitere können Sie auf der Karte finden. Eins ist jedenfalls sicher: Egal, wann Sie ihn betrachten – er wird immer anders aussehen. <<

Patrick Thibault beobachtet und skizziert den Mond von seinem Hinterhof in Willmar, Minnesota, aus.

STERNTAFEL



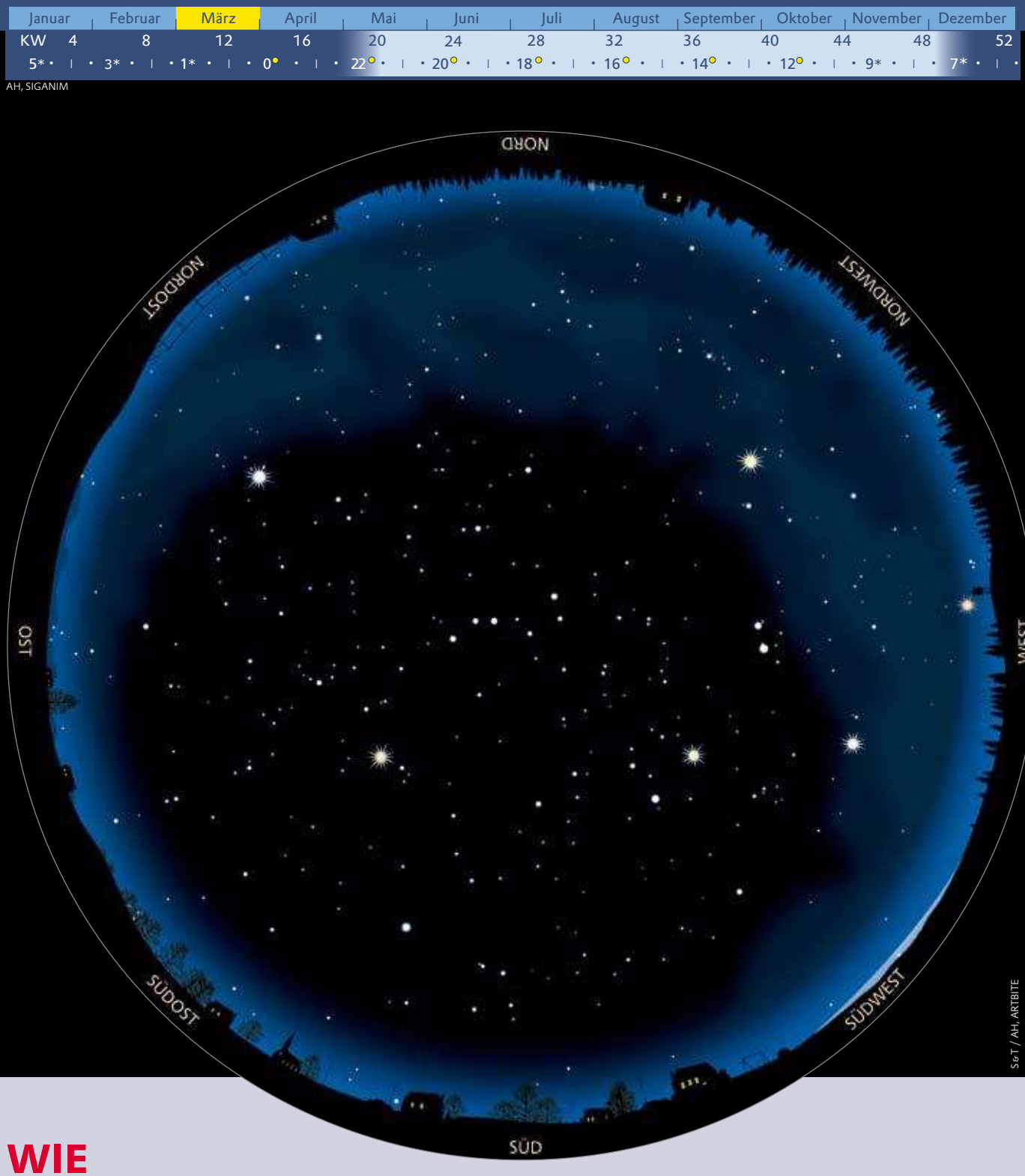
WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

zweite Februarhälfte: **2 Uhr***
zweite Märzhälfte: **Mitternacht***
zweite Aprilhälfte: **23 Uhr°**

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmelsausschnitt, der sich Ihnen zu den in der Leiste (ganz oben) angegebenen Uhrzeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder, die Namen der hellen Sterne und Fotos oder Detailkarten in diesem Heft. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen direkt über dem Horizont. Die im Zentrum dargestellten Sterne befinden sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Vom Wintersechseck stehen nur noch Kapella, Prokyon und Pollux über dem westlichen Horizont und das Frühjahrsdreieck zieht hoch über den Süden. Allerdings wird es zurzeit nicht durch Arktur, Spika und Regulus aufgespannt, denn Letzterer wird durch den nahen Saturn ausgestochen. Dieser ist der einzige Planet, der die ganze Nacht hindurch beobachtet werden kann. Jupiter geht aber schon eine Stunde später auf.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Alpennähe sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

Spektrum
DER WISSENSCHAFT

Ein echter
Hingucker ...

... ist die **Armbanduhr »Samui Moon«** mit ihrer binären blauen LED-Zeitanzeige, die Ihnen auf Knopfdruck die Zeit anzeigt. Die erste Zeile gibt dabei die Stunden an und die zweite Zeile die Minuten. Edelstahlgehäuse (Durchmesser: ca. 4 cm) mit Lederarmband, wasserdicht bis 3 ATM. Die Uhr hat 2 Jahre Garantie und kostet € 89,– zzgl. Porto. Diese und weitere Geschenkideen – wie z. B. den »Rubik's Cube« im Spektrum-Design oder unsere T-Shirts mit wissenschaftlichen Motiven – finden Sie unter

www.spektrum.de/lesershop

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH
Leserservice | Slevogtstr. 3–5 | 69126 Heidelberg
Tel.: 06221 9126-743 | Fax: 06221 9126-751
service@spektrum.com

FELDSTECHERTIPP

Allein auf weiter Flur

Heute bringen wir etwas Licht in eine Region des Himmels, die man wohl mit Recht als Schwarzes Loch der Sternbilder bezeichnen könnte: die Giraffe. Die lateinische Bezeichnung Camelopardalis verweist auf die frühere Deutung als Fabeltier – eine merkwürdige Mischung aus Kamel und Leopard. Als eines der Sternbilder ohne mythologischen Hintergrund wurde die Giraffe erst in der Neuzeit eingeführt. Im Gebiet zwischen den drei Sternbildern Großer Bär, Kleiner Bär und Kassiopeia lässt sie sich mit ihren wenigen Sonnen 4. Größe kaum von den Hintergrundsternen unterscheiden – die Figur der Giraffe bleibt meist verborgen.

In diesem scheinbar öden Areal finden Sie eine der hellsten Nichtmessiergalaxien des NGC-Katalogs. Mit einer Helligkeit von 8,4ter Größe ist NGC 2403 sogar die hellste nördlich des Himmelsäquators. Wahrscheinlich wäre dieses lohnende Sternsystem viel bekannter, wenn Charles Messier es in seine berühmte »M-Liste« aufgenommen hätte. So fristet es jedoch ein eher stiefmütterliches Dasein und wird nur selten besucht.

Da das Licht der Galaxie auf die relativ große Fläche von etwa 16 mal 10 Bogenminuten verteilt ist, bleibt sie trotz ihrer großen scheinbaren Helligkeit ein schwieriges Ziel. Zudem bietet die Giraffe zur Orientierung keine helleren Sterne. Daher ist die Nase des Großen Bären, der Stern Muscida (Omikron Ursa Maioris, o UMa, 3,3te Größe), ein guter Startpunkt. Mit einem 10×50-Feldstecher finden Sie als geübter Beobachter und bei optimalen Bedingungen etwa fünf Grad nordwestlich von Muscida ein schwaches ovales Leuchten. Mehr Erfolg verspricht ein Versuch mit einem Sechzig- oder Siebzig-Millimeter-Feldstecher bei 15- oder sogar 20-facher Vergrößerung.

NGC 2403 ist ein Mitglied der Ursa-Maior-Galaxiengruppe. Von deren Zentrum – das durch das beliebte Galaxienpaar M 81 und M 82 gebildet wird – ist sie etwa zwei Millionen Lichtjahre entfernt, ähnlich wie M 33, die am Rand unserer Lokalen Gruppe steht.

>> Lambert Spix

NGC 2403 liegt zwischen der Nase des Großen Bären und dem Herzen der Giraffe.

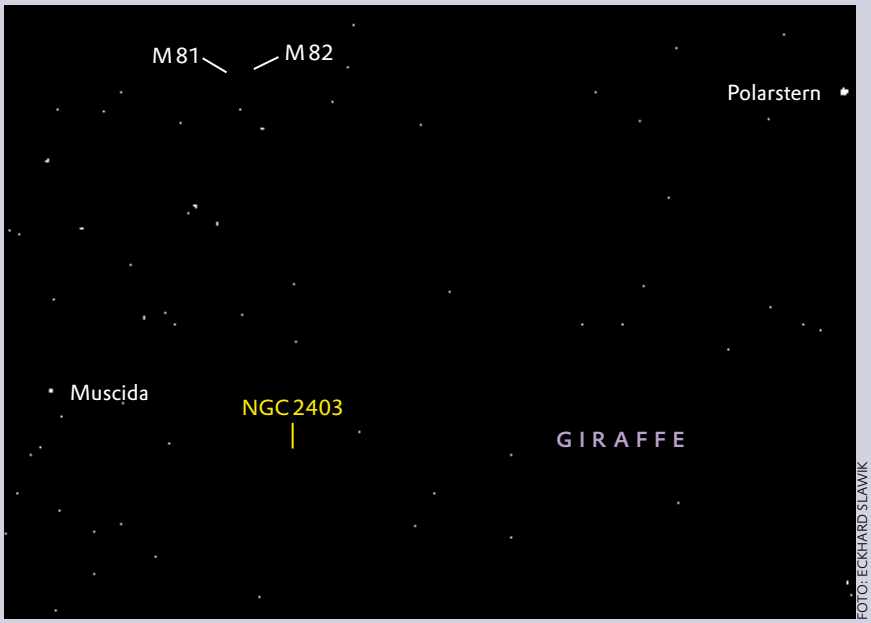


FOTO: ECKHARD SLAWIK

S&T / AH

Schatzsuche in der Milchstraße

Genießen Sie die Spätabende mit Streifzügen durch die Wintersternbilder und machen Sie sich bereit für spektakuläre Eskapaden des Erdtrabanten. **>> Ken Hewitt-White**

März ist ein Monat der Veränderungen. Auf langen Spaziergängen durch die aufblühende Natur verabschieden wir uns von der Tristesse des Winters und begrüßen die Lebenslust des Frühlings. Am Nachthimmel vollzieht sich der Jahreszeitenwechsel umgekehrt: Die blühenden Winterkonstellationen im Westen räumen endgültig das Feld für die weniger strahlenden Frühlingssternbilder, die um Mitternacht den Himmel über dem Südhorizont beherrschen (Karten S. 46/47).

Deep-Sky-Beobachter wissen, dass sämtliche Konstellationen, hell oder unauffällig, mit verborgenen Schätzen aufwarten. Im Winter fließt der matte Strom der Milchstraße von der Kassiopeia über Perseus und den Fuhrmann (»Auriga«) zu den Zwillingen (»Gemini«) und weiter Richtung Orion und Großer Hund (»Canis Maioris«, CMa). Überall in diesem Abschnitt der Milchstraße werden Sie zahlreiche strahlende, offene Sternhaufen finden.

Keiner ähnelt dem anderen; durchschnittlich sind sie einige hundert Millionen Jahre alt – in kosmischen Maßstäben gilt das als jung – und enthalten einige Dutzend bis mehrere hundert Sterne, die durch ihre Anziehungskräfte zusammengehalten werden. Darunter gibt es zahlreiche, die am besten mit dem Feldstecher oder einem Fernrohr geringer Brennweite beobachtet werden. Bei vier von ihnen wollen wir das jetzt tun.

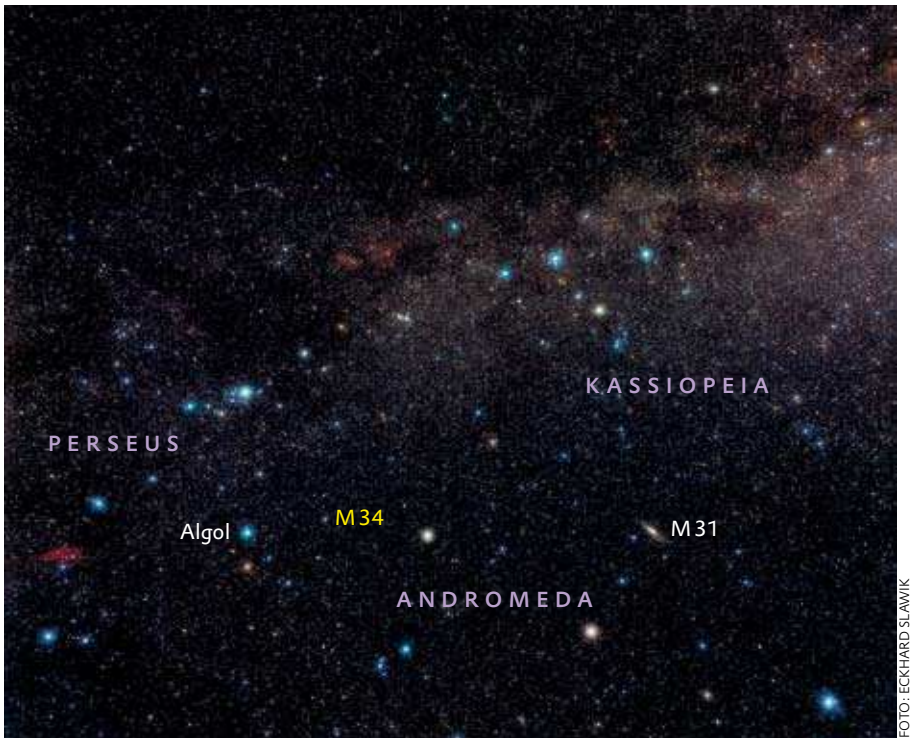
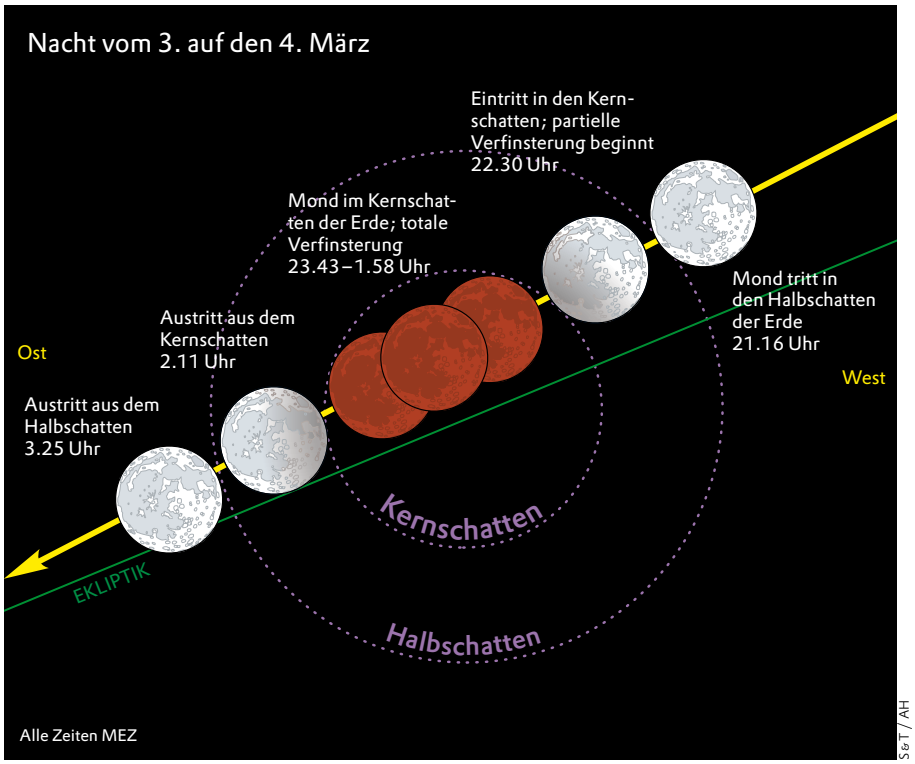


FOTO: ECKHARD SLAWIK

Hoch im Westnordwesten ist dieser Teil der Milchstraße nach Einbruch der Dunkelheit zu sehen. Lassen wir M 31 mal rechts liegen und widmen wir uns dem Sternhaufen M 34.

Perseus steht abends hoch im Westen. Dort finden Sie M 34, einen offenen Stern- >

Eine Mondfinsternis als Late-Night-Show: Sie beginnt am 3. März um 21.16 und endet um 3.25 Uhr.



> haufen in der westlichen Flanke der Milchstraße, einige Grad nordwestlich des berühmten veränderlichen Sterns Algol (AH Januar/Februar 2007, S. 40). M34 ist eine lose Gruppe aus etwa fünf bis sechs Dutzend Sternen und kommt auf 5. Größe, verteilt über ein halbes Grad, also einen Vollmonddurchmesser. Gelegentlich habe ich M34 sogar schon mit bloßem Auge entdeckt.

Auch mit dem Feldstecher ist er ein lohnendes Ziel: Auf einem stabilen Stativ montiert, löst mein 8×56er-Fernglas fast ein Dutzend seiner helleren Sterne auf. Der Sternhaufen sieht aus, als wäre er an einem 8.-Größe-Doppelstern verankert, dessen beide Komponenten gut zwanzig Bogensekunden voneinander entfernt liegen. Neben diesem enthält er noch eine ganze Reihe weiterer Sternpaare. Ein Teleskop sollte bei 50- bis 75-facher Vergrößerung die funkelnden Zwillinge auflösen.

Der Fuhrmann schließt sich östlich an Perseus an. Eine Kette aus drei Sternhaufen zwischen 5,7ter und 6,4ter Größe erwartet Sie dort auf kleinem Raum zwischen den Himmelskoordinaten von etwa 5^h30 bis 6^h Rektaszension bei +35 Grad Deklination.

M38 ist der erste und leuchtschwächste. Er bestimmt das nordwestliche Ende der sechs Grad langen Kette. Im Teleskop erkennen Sie bei moderater Vergrößerung, dass die auffälligsten seiner über zwanzig Bogenminuten verteilten Mitglieder eine Kreuzform andeuten.

Der hellste im Sternhaufentrio ist M37, der das Südostende der Kette markiert. Er ist etwa so groß wie M38, aber im Unterschied zu diesem ein dicht gepackter Sonnenschwarm mit einem rötlichen Stern im Zentrum.

Dritter im Bunde ist der mittlere, M36. Nur halb so groß wie seine Nachbarn, enthält er die wenigsten Sterne. Versuchen Sie doch zum Spaß einmal, alle drei Sternhaufen in ein Feldstechergesichtsfeld zu quetschen.

Und wenn Sie schon in der Gegend sind, bietet sich ein kleiner Sprung südöstlich in den westlichen Fuß des Zwillings Kastor an, zu M35 und NGC 2158, die Sie schon im Feldstechertipp der Januar-Februar-Ausgabe von AH kennen gelernt haben (S. 46).

Planeten im März

Jupiter steht im Sommersternbild Skorpion, das die Sonne immer weiter hinter sich lässt. Für den Planeten bedeutet dies, dass er früher aufgeht, bei Tagesanbruch aber weiterhin sehr tief im Südosten hängt.

Mars ist noch näher an der Sonne dran, er wandert durch den Steinbock (»Capricornus«) und klettert erst in der Dämmerung über den Horizont.

Merkur taucht aus seiner unteren Konjunktion vom 22. Februar als schmale Sichel in der Morgendämmerung auf, versteckt sich aber während seines gesamten etwas mageren Auftritts in der zweiten Märzhälfte in der Dämmerung. Er erreicht seine größte Elongation mit 28 Grad westlich der Sonne am 22., wenn er mit 0. Größe gut eine Stunde vor der Sonne aufgeht. Bei ihrem Erscheinen steht er allerdings nur zehn Grad über dem ostsüdöstlichen Horizont.

Venus dagegen ist vorteilhafter platziert: Mitte März steht sie bei Sonnenuntergang fast dreißig Grad über dem Westhorizont. Bis sie mehr als zweieinhalb Stunden später untergeht, dominiert sie unangefochten die hereinbrechende Dunkelheit. Ihre Scheibe wächst im Lauf des Monats von 11 auf 13 Bogensekunden an.

Unterricht um Mitternacht

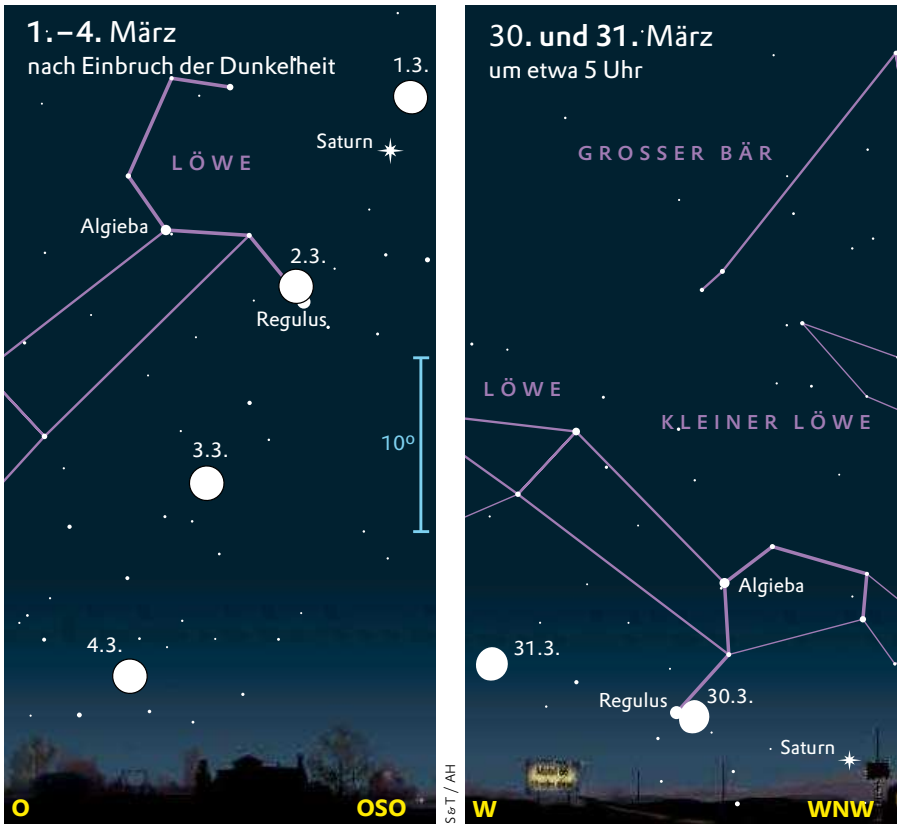
Die Mondfinsternis am 3. März bietet eine ideale Möglichkeit, um mit einer astronomiebegeisterten Schülergruppe und deren Eltern eine Beobachtungsnacht zu organisieren. Damit diese zu einem nachhaltigen Erlebnis wird, lohnt es sich, die Finsternisnacht mit der Gruppe gut vorzubereiten.

Unter www.wissenschaft-schulen.de finden Sie Materialien, die den Teilnehmern die Vorgänge aus irdischer wie aus kosmischer Sicht erklären.

wissenschaft in die schulen!

Unser Projekt **Wissenschaft in die Schulen!** führen wir in Zusammenarbeit mit der Landesakademie für Lehrerfortbildung in Donaueschingen durch. Es wird von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH großzügig gefördert.

Von seiner Position am Abend des 1. (links) schiebt sich der Mond bis 3.30 Uhr am nächsten Morgen vor Saturn. Am 2. verfehlt er Regulus knapp, trifft ihn aber am Morgen des 30. (rechts).



Die stark gewölbte Phase erkennen Sie selbst in kleinen Teleskopen bei hohen Vergrößerungen.

Saturn hält einsam am Mitternachtshimmel die Stellung. Mit 0. Größe ist er bei Einbruch der Nacht auf halber Höhe des Ostsüdosthimmels leicht zu finden. Der Ringträger setzt seine langsame Rückwärtsbewegung im westlichen Löwen fort (Grafiken rechts). Zu dieser Zeit, einige Wochen nach der Opposition, bereichert er die Beobachtung mit dem Teleskop um einen weiteren Schwierigkeitsgrad: Versuchen Sie, den Schatten des Planeten zu entdecken, der auf seine eigenen Ringe fällt. Dieser schmale, dunkle Keil betont die räumliche Dimension der Szene.

Der **Mond** trumpft gleich in der Nacht auf den 1. März auf: Gegen 2.30 Uhr steht er nur ein Grad nördlich des Sternhaufens M 44, der »Krippe«. In der nächsten Nacht, also am Morgen des 2., bedeckt er den Ringplaneten im Löwen ab etwa 3.30 Uhr (je nach geografischer Länge Ihres Standorts) für eine gute halbe Stunde. Er lässt uns eine Nacht schlafen, dann folgt das nächste Highlight: die totale Mondfinsternis. Die einzelnen Phasen finden Sie in der Grafik auf der linken Seite verzeichnet. Die Totalität dauert rund 75 Minuten – genug Zeit für eine ausgiebige Fotosession –, sofern das Wetter mitspielt.

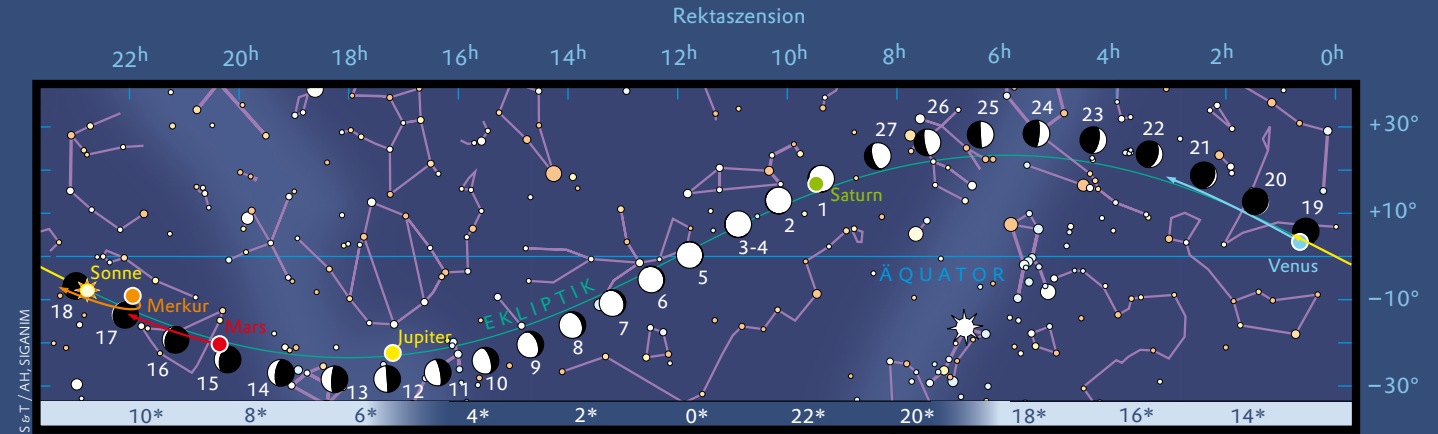
Auch danach weiß der Trabant sich in Szene zu setzen, wie etwa in den jeweiligen Morgenstunden des 11. unterhalb von Antares und des 15. rechts von Mars.

Der Abendhimmel sieht den zunehmenden Mond am 20. und 21. in der Nähe der Venus und am Abend des 24. kein Grad von Elnath (Beta Tauri, β Tau) entfernt, dem nördlichen Hornstern im Stier (»Taurus«). Der Monat endet ähnlich, wie er begann: Eine Annäherung an M 44 am Morgen des 28., an Saturn am Abend des 28. und eine Bedeckung – diesmal von Regulus, dem »kleinen König«, der am 30.3. nach etwa 5.15 Uhr Sommerzeit an der dunklen Seite des fast vollen Monds verschwindet und so mit ihm untergeht (Grafik oben rechts). <<

Das Monatspanorama zeigt die Phasen und Positionen des Monds vom 1. bis 27. März 2007. Die Pfeile kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt zur Monatsmitte die ungefähre Ortszeit an, wenn der darüberliegende Bereich im Süden steht.

Ken Hewitt-White muss sich in seiner kanadischen Heimat nicht so viele Gedanken um Lichtverschmutzung machen …

Der Mond und die Planeten im März 2007



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

Ungewöhnlicher Mondlander Kreative Köpfe haben ihn ersonnen. Eine Strecke von hundert Metern sollte er zurücklegen, um dann im Zielgebiet niederzugehen.

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: STEPHAN GÜNTHER

Fliegende Kugeln

Kleine Schritte für einen großen Traum: Beim »X Prize Cup« probten Visionäre den Weltraumtourismus. **>> Stephan Günther**

Auf dem Weg zum Veranstaltungsort des »X Prize Cup« auf dem Flughafen von Las Cruces in New Mexico durchquere ich eine Wüstenlandschaft, die nicht von dieser Welt zu sein scheint. Zumindest nicht für einen Europäer wie mich. »Hier in New Mexico entsteht der erste private und kommerzielle Weltraumbahnhof der Welt!«, lese ich auf einem riesigen Schild am Rand des endlos langen Highways, und mir wird bewusst: Schon bald wird der amerikanische Bundesstaat eine tragende Rolle für die touristische und kommerzielle Raumfahrt spielen. Es ist Ende Oktober 2006. Ich bin gespannt, was mich erwarten wird.

Die Idee für den X Prize Cup ist alt. Sie entstand lange, bevor Spaceship One als erstes privates Raumfahrzeug bewies, dass kommerzielle Unternehmen mit neuen Transportsystemen Touristen bis an die Grenze zum Weltraum bringen können. Bereits im Jahr 1995 gründeten die ersten Visonäre die X Prize Foundation, mit dem Ziel, einen Anreiz für die schnellere Entwicklung des privaten und kommerziellen Raumflugs zu schaffen. An zwei Tagen im Jahr sollten Interessierte die Möglichkeit haben, Raketenstarts live mitzuerleben und Firmen und Technologien kennen zu lernen, die später vielleicht einmal das Fundament des Raumfahrttourismus bilden. Eine Idee war geboren: atemberaubende Attraktionen und ein umfassendes Showprogramm, gepaart mit originalen Ausstellungsstücken der Raumfahrt in einer spektakulären Umgebung; Fahrzeuge und Raumschiffe, die in nicht zu ferner Zukunft Richtung Mond, Mars und darüber hinaus aufbrechen werden, zumindest wenn es nach dem Wunsch der Entwickler geht. Vor allem aber wollten die Organisatoren die private Raumfahrtindustrie mit hohen Gewinnsummen motivieren, die Entwicklung von neuen Raumfahrtsystemen voranzutreiben. Im Herbst 2005 starteten die Organisatoren den »Count-down zum X Prize Cup« mit der öffentlichen Vorführung einer Rakete, gesteuert vom amerikanischen Spaceshuttleastronauten Rick Searfoss, der Präsentation des Preisträgers von 2004 – Spaceship One – und vieler anderer konkurrierender Wettbewerbsteilnehmer. Heute, im Herbst 2006, steht alles unter dem Motto: »Zurück zum Mond!«. Der Aufwand lohnt sich – den Gewinnern winken Preisgelder in Höhe von mehr als 2,5 Millionen Dollar.

Dieses Jahr haben die Teilnehmer am Wettbewerb allerdings einige Schwierig- >

Licht, effektiv genutzt Scheinwerfer strahlen diesen Weltraumlift von unten an und bringen ihn so dazu, sich nach oben zu bewegen (links). Das Team einer Recklinghausener Berufsschule (rechts) schaffte es mit diesem Fahrstuhlmodell immerhin auf Platz drei.

> keiten. Obwohl manche Teams beachtliche Leistungen erbracht haben, hat keine der Mannschaften alle geforderten Bedingungen erfüllt. Die Preisgelder bleiben also unangetastet.

Die Kontrahenten sind in zwei Kategorien angetreten: im Wettbewerb um einen Weltraumfahrstuhl und in dem um einen Mondlander. Ziel des Weltraumfahrstuhlwettbewerbs ist es, eine Art Lift zu entwickeln, der selbstständig an einem sechzig Meter langen Band nach oben fährt. Angetrieben wird er durch starke Scheinwerfer am Boden, deren Energie er über Solarzellen aufnimmt und in Bewegungsenergie umwandelt. Dabei wird die Zeit gestoppt. Unter den Teilnehmern befindet sich auch ein deutsches Team. Die Schüler einer Recklinghausener Berufsschule schaffen es immerhin auf den dritten Platz (AH 11/2006, S. 58).

Beim Mondlanderwettbewerb besteht die Aufgabe darin, ein Gefährt selbstständig eine Strecke von hundert Metern fliegend zurücklegen und dann in einem genau definierten Gebiet landen zu lassen. Das Fahrzeug soll mindestens neunzig Sekunden in der Luft bleiben und eine Höhe von fünfzig Metern erreichen. Nach der Landung wird es wieder aufgetankt und muss unter denselben Bedingungen wie zuvor an den Startplatz zurückkehren – das alles in einem vorgegebenen Zeitrahmen, versteht sich. Leider hat sich nur ein einziges Team dieser Herausforderung gestellt. Dafür ist das gezeigte Gefährt umso beindruckender (Foto S. 53): Sobald es seine Triebwerke zündet, erhebt es sich mit lautem Getöse in die Luft. Beim Landen allerdings ergaben sich Schwierigkeiten. Es knickte um und wurde beschädigt. Zwar klappte es beim zweiten Versuch, aber diesmal verfehlten die Teilnehmer knapp das vorgesehene Landefeld und wurden damit disqualifiziert.

Doch auch wenn die Wettbewerbe 2006 keine strahlenden Sieger hinterlassen – Langeweile kommt nicht auf. Auf dem riesigen Flugplatzvorfeld haben die Teilnehmer zahlreiche Stände, Zelte und Flugapparate aufgebaut. Der Star der Ausstellung ist ein riesiger, aufblasbarer Spaceshuttle. Daneben stehen Flugzeuge, die mit zusätzlichen Raketentriebwerken ausgerüstet sind. Auch diverse Simulationsapparate darf der Besucher testen und virtuelle Raketen und Raumschiffe steuern.

Wer sich für zukünftige Touristenraumschiffe interessiert, erfährt hier vielerlei über deren Konzepte. Wenn alles nach Plan geht, werden manche davon bereits im nächsten Jahr ihren Flugbetrieb aufnehmen. Zum Beispiel »Rocketplane«. Das umgebaute Flugzeug besitzt Flügel, die für den Überschallflug gerüstet sind, und ein zusätzliches Raketentriebwerk. Seine Erfinder setzen also auf altbewährte Technik. Beim »DaVinci Project« hingegen gehen die Hersteller völlig neue Wege. Sie kombinieren die Technik des Spaceship One mit einem außergewöhnlichen Design, beispielsweise einer Glaskanzel. Statt durch kleine Bullaugen blickt die Besatzung hier durch eine gewaltige Frontscheibe aus Glas direkt in das Weltall. Damit gewährt das Raketenflugzeug Weltraumtouristen praktisch einen Panorama-Ausblick.

Wohnen wie auf dem Mond

Völlig andere, aber ebenso faszinierende Wege beschreiten die Erfinder eines weiteren Projekts, des »Moon World Resorts«. All denjenigen, die in Zukunft nicht in den Genuss eines Mondflugs kommen, bietet diese Kombination aus Hotel und Freizeitanlage die Möglichkeit, einen Besuch auf dem Erdtrabanten

Den Mond auf die Erde holen wollen die Erfinder der Hotel- und Freizeitanlage Moon World Resorts; hier ein architektonisches Modell (links). Die Mulitmillionärin und erste Weltraumtouristin Anousheh Ansari präsentierte sich als Botschafterin für die private Raumfahrt und knüpfte Kontakte zu großen und kleinen Fans (rechts).

zu simulieren. Ein Zusammenschluss von Firmen hat dieses Projekt ersonnen und bereits mit der Realisierung des Traums begonnen.

Wem diese Zukunftsvisionen zu wenig greifbar erscheinen, dem zeigen die Veranstalter des X Prize Cup bei einem Flugschauprogramm ganz reale Flieger. Tarnkappenbomber, die F-18 der Nasa und viele andere Flugzeuge jagen über den Himmel. Metergroße Raketen starten unter lautem Getöse, bis sie nicht mehr zu sehen sind, um dann wenige Minuten später am Fallschirm schwebend wieder zur Erde zurück zu sinken. Auch der »Rocket Man«, den viele Sportbegeisterte wohl noch von der Eröffnungsfeier zu den Olympischen Spielen von Los Angeles im Jahr 1984 kennen, zeigt seine Künste.

Ein solches Spektakel bietet natürlich viel pädagogisches Potenzial. Zahlreiche Schulklassen sind zur Veranstaltungsstätte gepilgert. Die Lehrer nutzen die Gelegenheit, um ihren Schülern Raumfahrt zum Anfassen zu bieten. Den Veranstaltern kann das nur recht sein, schließlich erreichen sie so die Weltraumtouristen von morgen. Doch auch für die Kleinen hat sich die Reise gelohnt. Zwischen den Exponaten – einem echten Shuttletriebwerk, einem Eins-zu-eins-Modell von Spaceship One und einer Mondlandefähre – stehen bekannte Persönlichkeiten der Luft- und Raumfahrt. Ich staune nicht schlecht, als ich kaum zwei Meter von mir entfernt Buzz Aldrin erblicke, jenen Mann, der als zweiter Mensch direkt nach Neil Armstrong den Mond betreten hat! Ein seltsames Gefühl, diese Ikone der Weltraumgeschichte direkt vor Augen zu haben, wenn man, so wie ich, vom Apollo-Mondprogramm begeistert war.

Raumfahrer zum Anfassen

Ein weiterer Star der Veranstaltung ist Anousheh Ansari. Erst vor wenigen Tagen ist sie von der ISS zur Erde zurückgekehrt. Heute hat die erste Weltraumtouristin allerdings ihren eigenen Jet genommen. Die Iranerin war maßgeblich an der Gründung des X Prize Cup beteiligt und hat einen Teil ihres Vermögens in die Veranstaltung investiert. Ich bin beeindruckt von ihrer Ausstrahlung und ihrer Fähigkeit, mit Menschen umzugehen – mit der Presse ebenso wie mit Schulkindern und Erwachsenen.

Als ich auf der langen, staubigen Straße den Flugplatz von Las Cruces wieder verlasse, denke ich darüber nach, dass privates Engagement schaffen könnte, was staatliche Organisationen wie die Nasa oder die Esa kaum erreichen, weil sie jeden ausgegebenen Dollar vor den jeweiligen Steuerzahlern rechtfertigen müssen. Mein Besuch in Las Cruces hat mir gezeigt, wie viel Energie und Begeisterung Visionäre für den Weltraumtourismus aufbringen – eine Energie, die Träume Realität werden lässt. Es war höchste Zeit für eine Institution wie den X Prize Cup, damit die Menschheit die gigantischen Leistungen der 1960er und 1970er Jahre – die Mondlandung und die Apollo-Missionen – in naher Zukunft wiederholen und vielleicht sogar noch übertreffen kann.

Für die Zukunft, so spüre ich, haben wir einiges zu erwarten. Ich jedenfalls werde 2007 wieder nach New Mexico fahren, um zu erleben, wie zukünftige Raumfluggeschichte vorbereitet und geschrieben wird. <<

Stephan Günther ist Mitinhaber der Softwarefirma »Space Dream Studios«.

Mehr zu diesem Artikel: www.astronomie-heute.de/artikel/862975

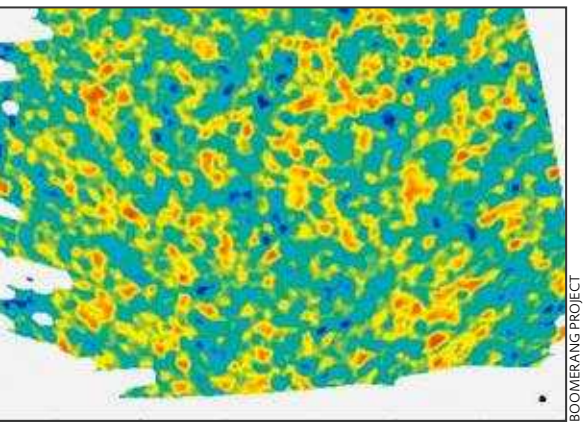
Ausgezeichnete Kosmologie am Südpol

Vor etwa zehn Jahren ließen Paolo de Bernardis und Andrew Lange ein Teleskop per Ballon in den antarktischen Himmel steigen. Nun würdigte die Balzan-Stiftung ihre Forschungsarbeit. ASTRONOMIE HEUTE traf die beiden Forscher bei der Preisverleihung in Rom.

>> Maike Pollmann

Die Dolmetscherin stockt, lässt Sätze unvollendet und wird immer hektischer, während sie die Ansprache von Paolo de Bernardis (48) und Andrew Lange (49) synchron übersetzt. Auch das Publikum, das sich in der Aula Magna der Universität La Sapienza in Rom versammelt hat, scheint den Faden verloren zu haben – selbst diejenigen, die nicht auf die überforderte Übersetzerin angewiesen sind.

Es liegt zweifelsohne am Thema des Vortrags: die kosmische Hintergrundstrahlung. Ein Fachbegriff folgt dem nächsten. Von Energiedichten ist die Rede, von Anisotropien und von Inflation. Schwer verständlich für Laien. Nicht so für de Bernardis, Professor für Astrophysik und beobachtende Kosmologie an der Sapienza, und auch nicht für Physikprofessor Lange vom California Institute of Technology, die bereits seit 15 Jahren gemeinsam an ihrem Lieblingsthema forschen. »Es war ein Abenteuer, sowohl intellektuell als auch nicht selten physisch und emotional«, berichtet Lange seinen Zuhörern.



BOOMERANG PROJECT

Die Temperaturverteilung der Kosmischen Hintergrundstrahlung, wie sie Boomerang 1998 aufnahm. Der kleine, schwarze Punkt unten rechts entspricht der Größe des Monds.

Angetrieben von den ältesten Fragen der Menschheit wie der nach dem Ursprung unseres Universums, seinen Bestandteilen und seinem Schicksal, erforschen sie die Strahlung, die aus allen Richtungen gleichmäßig auf die Erde trifft. Dabei sei diese alles andere als schwach, erzählt Lange begeistert: Auf jeden Atomkern im Universum kommen etwa eine Milliarde Photonen der Kosmischen Hintergrundstrahlung. Damit stellt sie die Sterne buchstäblich in den Schatten.

Reise mit Hindernissen

Die Wissenschaftler vermuten, dass die Lichtquanten etwa 380 000 Jahre nach dem Beginn von Raum und Zeit ihre Reise durch das Weltall antraten. Sie existierten zwar schon wenige Minuten nach dem Urknall, doch stießen sie damals noch mit den ebenfalls umherschwirrenden Elektronen zusammen und konnten daher keine weiten Strecken zurücklegen. Das Universum war damals ein undurchsichtiges, nahezu homogenes Gemisch aus Licht und ionisierter Materie.

Erst als sich dieses auf etwa dreitausend Grad abgekühlt hatte, formten sich aus den Kernen und Elektronen die ersten neutralen Atome – Wasserstoff und Helium, aber auch Spuren von anderen

Der riesige Ballon bläht sich mitten in der Antarktis auf und lässt Menschen wie Zwerge erscheinen. Wenige Meter davon entfernt hängt das Teleskop bereits startklar an einem Kran.

BOOMERANG PROJECT

leichten Elementen. Fortan konnten sich die Photonen ungehindert im Weltall ausbreiten. Auch heute, etwa 14 Milliarden Jahre später, können Astronomen diese Strahlung noch in ihren Teleskopen nachweisen (siehe Leserbriefe S. 8). Durch die Expansion des Raums ist ihre Wellenlänge allerdings in den Mikrowellenbereich verschoben. »Dennoch liefert sie uns ein exaktes Abbild vom Embryonalstadium des Universums«, veranschaulicht Lange die Vorteile seines exotischen Forschungsobjekts.

Die Wissenschaftler erwarteten keine vollkommen gleichmäßige Hintergrundstrahlung, denn verursacht durch kleine Dichteschwankungen von Energie und Materie im frühen Universum sollten sich auch die Energiewerte der Photonen minimal voneinander unterscheiden. Ansonsten wäre unverständlich, wie sich Sterne oder Galaxien hätten ausbilden können. Doch nachdem die Strahlung in den 1960er Jahren entdeckt worden war, suchten die Forscher zunächst vergebens nach Unregelmäßigkeiten darin. Andrew Lange erinnert sich an viele frustrierende Jahre, in denen sie immer wieder neue Instrumente entwickelten, aber damit letztlich doch keinen Erfolg hatten.

In den 1980er Jahren begannen Forschungsgruppen in Italien und den USA mit der Entwicklung neuartiger Detektoren. Anders als bei vorherigen Missionen, bei denen Mikrowellenverstärker zum Einsatz kamen, verwendeten die Wissenschaftler nun eine direkte Methode: Sie brachten eine Mikrowellen absorbierende Fläche in die Brennebene eines Teleskops und koppelten diese mit einem empfindlichen Thermometer. Treffen Mikrowellen auf das Instrument, wird eine Temperaturerhöhung gemessen. Abgekühlt auf einige zehntel Grad über dem absoluten Nullpunkt dient es so als ideales Nachweisgerät, Bolometer genannt. Sowohl Lange als auch de Bernardis wandten sich nach ihrem Studium dieser neuen Technik zu.

Erst 1992 trafen die beiden in Rom zusammen. Lange erinnert sich besonders gut daran, lässt er uns wissen, denn einige Wochen zuvor lernte er dort seine Frau kennen. Unter der italienischen Sonne diskutierten die Wissenschaftler über ihr neues Projekt – ein Ballonexperiment in der Antarktis, das sie auf den Namen Boomerang (Balloon Observations of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics) tauften. Gemeinsam entwarfen sie ein System, das an die unwirtliche Umgebung des Südpols angepasst war.

Sturz in den See

Fünf Jahre vergingen, bis ein tausend Kilogramm schweres Hightech-Teleskop entstanden war. Bevor es allerdings in die kalten Gefilde entsandt wurde, sollte sich das Instrument zunächst bei einem Testflug über Texas bewähren. Die Jungfernfahrt demonstrierte sogleich die Risiken einer solchen Ballonfahrt, berichtet Lange. Denn der mit Helium gefüllte Ballon war undicht und ließ das Teleskop zum Ärger aller Beteiligten schon nach wenigen Kilometern in einen See stürzen.

Völlig durchnässt wurde Boomerang aus dem Gewässer gezogen. In dem verzweifelten Versuch, den Ballon erneut zu starten, solange der Wind noch günstig stand, bauten die Wissenschaftler den >

INTERNATIONALE BALZAN STIFTUNG

Preisträger im AH-Interview Paolo de Bernardis (Mitte) und Andrew Lange (rechts) im Gespräch mit Maike Pollmann

> Bordcomputer schnell auseinander und befreiten jeden Chip von Morast und Algen. Sie schafften es tatsächlich rechtzeitig, doch beim nachfolgenden Aufstieg des Ballons fiel der Computer aus. Nach dreißig für das Team zermürbenden Minuten setzte er seine Arbeit wie durch ein Wunder fort, erinnert sich Lange.

Etwa ein Jahr nach dem Testflug verfrachtete man Boomerang endlich zu seinem eigentlichen Einsatzort in die Antarktis. »Ein wundervoller Ort«, schwärmt Lange. Und nicht einmal richtig kalt, ganz anders, als man denkt. Die Temperaturen lagen an manchen Tagen sogar über dem Gefrierpunkt – im antarktischen Sommer, versteht sich.

Am 28. Dezember 1998 hob Boomerang mit Hilfe seines fußballstadiongroßen Ballons vom ewigen Eis ab. Angetrieben von zirkumpolaren Winden umrundete er in einer Höhe von etwa vierzig Kilometern die Antarktis. Elf Tage später und nur achtzig Kilometer vom Startpunkt entfernt, landete die Gondel wieder sicher auf dem frostigen Boden. »Er tat genau das, was wir von ihm erwarteten«, merkt Lange voll Zufriedenheit an.

Während seines 8000 Kilometer langen Rundflugs über dem Südpol sammelte das Teleskop Daten von etwa vier Prozent des Himmels. Im Vergleich zu vorherigen Messungen des Satelliten Cobe, für die es im Jahr 2006 den Nobelpreis gab (AH 12/2006, S. 14), war die Winkelauflösung von Boomerang allerdings dreißigmal höher. Erstmals konnten nun die charakteristischen Strukturen im Mikrowellenhintergrund aufgelöst und kosmologische Parameter aus ihnen abgeleitet werden. Detailreiche Simulationen erlaubten es den Physikern, die winzigen räumlichen Schwankungen der Strahlung mit dem Inhalt oder der Dynamik des Universums zu verknüpfen.

Besonders waren die Forscher aber auf die Geometrie des Weltalls gespannt.

Astronomische Experimente auf Ballons

ASTRONOMIE HEUTE (AH): Wo liegen die Vorteile eines Ballons gegenüber einem Satelliten?

Bernardis: Mit einem Ballon können wir stets die modernsten Instrumente nutzen. Bei einem Satelliten muss man die Technologie einige Jahre vor dem Start einfrieren. So wäre die Technik, die bereits 1997 mit Boomerang flog, erst elf Jahre später im All gewesen. Ein Ballon bringt Experimente schneller in die Luft und ist natürlich auch billiger als ein Satellit, aber er leistet auch nicht dasselbe. Ballonexperimente eignen sich zum Beispiel hervorragend, um neue Technologien zu testen. Will man die kosmische Hintergrundstrahlung systematisch untersuchen, braucht man einen Satelliten.

AH: Verursacht die Atmosphäre störende Effekte bei der Messung der Hintergrundstrahlung?

Lange: Ja, es gibt solche Effekte. Selbst wenn man in großer Höhe fliegt, füllt die Erde das Blickfeld nach unten und der Ballon die Hälfte des Sichtfelds nach oben aus. Also ist der Blick der wissenschaftlichen Experimente aus einem Ballon heraus sehr begrenzt. Erde und Ballon sind sehr helle Quellen in dem untersuchten Wellenlängenbereich. Ein Teil dieser ungewollten Strahlung kann in die Messinstrumente gelangen. Man muss damit sehr vorsichtig sein.

AH: Woher weiß man, wohin das Teleskop gerade schaut?

Bernardis: Nun, eine Ballongondel ist sicherlich nicht der ideale Ort für ein Teleskop. Im Fall von Boomerang haben wir eine Kombination verschiedener Sensoren benutzt, um jederzeit zu wissen, wie das Instrument relativ zum Boden orientiert ist. So waren zwei Sonnensensoren und ein Sternsensor mit an Bord. Außerdem besaß Boomerang für diesen Zweck drei senkrecht zueinander stehende Gyroskope. Die Kombination der Sensorsignale mit diesem System von Schwungrädern erlaubte eine für die Messungen ausreichend hohe Präzision.

AH: Wie kam der Ballon zurück zur Erde? Etwa mit einer Leine?

Lange: Nein, eine Leine konnten wir nicht einsetzen – durch die starken Winde bewegte sich der Ballon nach dem Start zu schnell vom Abflugsort fort. Die Gondel mit dem Teleskop war mit Seilen am Ballon befestigt und mit einem Fallschirm ausgestattet. Mit einem Funksignal trennten wir am Ende der Mission die Seile zum Ballon und die Gondel sank am Fallschirm zu Boden. Der Ballon ging dabei allerdings verloren.

»Denn das war für nahezu hundert Jahre eine der elementaren Fragen der Kosmologie«, betont Lange. Je nachdem wie und ob der Raum gekrümmt ist, durch den die Photonen zu uns reisten, sollten die ursprünglichen Strukturen vergrößert oder verkleinert erscheinen. Wäre das Universum flach, besäße es also keine Krümmung, entspräche das den zwei Dimensionen einer flachen Ebene. In derselben Analogie wäre die Oberfläche einer Kugel positiv und die eines Sattels negativ gekrümmt (siehe dazu AH 1-2/2006, S. 28).

Die Wissenschaftler versuchten nun die gesammelten Daten mit verschiedenen theoretischen Modellen, die jeweils unterschiedliche Raumgeometrien zu Grunde legten, möglichst genau wiederzugeben. Etwa zwei Jahre dauerte die Auswertung der Daten. Bei einem Meeting in Santa Barbara bekamen die beiden Forscher eine erste Analyse ihrer Arbeit zu Gesicht. »Ein Kollege kam damals in den Raum, sagte kein Wort und legte eine Folie auf den Projektor. Wir saßen nur da und sagten: ›Wow!‹« Beide lachen ausgelassen und man merkt, warum sie für dieses Ergebnis so viele schwierige Jahre auf sich genommen haben.

Beweis für ein dunkles Universum

Frühere Ergebnisse hatten zwar bereits Hinweise auf ein flaches Universum geliefert, doch Boomerang ließ nun keine Zweifel mehr daran, schildert Lange, ganz in seinem Element. Im April 2000 wurden schließlich die ersten Resultate des Antarktisflugs veröffentlicht. Ein weiteres Jahr verstrich, bis die Daten vollständig analysiert waren. Neben der Raumgeometrie ließen sich jetzt auch andere kosmologische Größen bestimmen.

So bestätigten sie die Existenz von exotischer Dunkler Materie, aus der wohl 25 Prozent der gesamten Materie und Energie im Kosmos bestehen. Noch merkwürdiger war die Erkenntnis, dass mehr als siebzig Prozent in Form von Dunkler Energie vorliegt – ein mysteriöser Druck, der die Expansion des Universums beschleunigt.

»Mehr als 95 Prozent der Materie und Energie im Universum sind etwas, von dem wir keine Ahnung haben, was es eigentlich ist«, gibt Lange zu bedenken. Nachfolgende Experimente unterstützen die befremdliche Materie- und Energiezusammensetzung des Kosmos.

Balzan-Preis

Die Internationale Balzan Stiftung verleiht alljährlich den Balzan-Preis alternierend in Bern und in Rom. Dieser gehört neben dem Nobelpreis zu den bedeutendsten Auszeichnungen für wissenschaftliche, kulturelle und humanitäre Leistungen. Im Gegensatz zu anderen Stiftungen legt die Balzan Stiftung die Preisgebiete jedes Jahr neu fest. Seit 1961 wurden weltweit 112 Persönlichkeiten und Hilfsorganisationen mit dem Balzan-Preis geehrt und mehr als 56 Millionen Schweizer Franken an Preisgeldern ausbezahlt.

Auch ein anderes Phänomen belegen die bisherigen Studien der Hintergrundstrahlung: die Inflation – die exponentielle Expansion des Universums nur wenige Sekundenbruchteile nach dem Urknall. In kürzester Zeit dehnte es sich, angefangen bei subatomaren Dimensionen, um mehrere dutzend Größenordnungen aus (siehe AH 1-2/2006, S. 24). »Um ehrlich zu sein, ich war anfangs sehr skeptisch, denn es ist ein außergewöhnliches Konzept«, gesteht Lange. Doch die Daten, die Boomerang und andere Experimente gesammelt haben, stimmen mit den Vorhersagen der Theorie überein. »Ich würde es als einen Indizienbeweis bezeichnen«, erläutert er.

Möglicherweise stelle sich aber auch heraus, dass Dunkle Materie, Inflation und Dunkle Energie in derselben Liga spielen wie der Äther. Vor etwa hundert Jahren hatten Forscher ihn als Ausbreitungsmedium des Lichts nachweisen wollen. »Eine Idee, die sich im Zuge eines neuen theoretischen Verständnisses verflüchtigte«, so Lange.

Besonders die Inflationstheorie hat es den beiden Wissenschaftlern angetan. An Hartnäckigkeit, weitere Indizien dafür im Mikrowellenhindergrund aufzuspüren, mangelt es ihnen jedenfalls nicht: »Ich werde den Rest meiner Karriere darauf verwenden, diesen Geist zu jagen«, versichert Lange, während er verschmitzt grinst. »Wenn wir etwas sehen, ist das großartig; und wenn nicht, dann beweist es noch gar nichts.« <<

Maike Pollmann ist freie Wissenschaftsjournalistin in Hamburg.

Grand mit Vieren

Handliche Linsenteleskope rangieren auf der Beliebtheitsskala der Sterngucker, wie die Buben beim Skat, ganz weit oben. Wir haben vier wichtige Vertreter dieser Klasse getestet. **>> Stefan Seip**

Rein rechnerisch hängt die Leistung eines Teleskops von seinem Objektivdurchmesser ab. Dieser wird auch als »Öffnung« bezeichnet und bestimmt nicht nur die Leistung, sondern auch die Maße, das Gewicht und nicht zuletzt den Preis des Fernrohrs.

Sicher wäre es übertrieben zu behaupten, der »Öffnungshunger« der letzten Jahre habe sich ins Gegenteil verkehrt. Aber wie ist es sonst zu erklären, dass zurzeit eine Klasse von Geräten boomt, die nur über eine Öffnung von achtzig Millimetern verfügt? Es sind sehr kompakte Linsenteleskope (Refraktoren) mit relativ kurzer Brennweite, die bei klassischer Bauweise mit zweilinsigen Objektiven aus herkömmlichen Gläsern einen entscheidenden Nachteil haben: den gefürchteten Farbfehler. In althergebrachter Konstruktion sind solche Instrumente nicht in der Lage, alle Farben des sichtbaren Lichts in einem einzigen Brennpunkt zu vereinen. Die Folge sind störende Farbsäume bei hohen Vergrößerungen, die die Erkennbarkeit von Details bei der Mond-, Sonnen- und Planetenbeobachtung beeinträchtigen. Lange Zeit war die Herstellung von Refraktoren, bei denen dieser Farbfehler erheblich reduziert (Halb- oder ED-Apochromaten) oder ganz beseitigt ist (Apochromaten, kurz Apos), aufwändig und dementsprechend teuer. Immerhin sind dazu Linsen aus teurem Spezialglas oder dreilinsige Objektive notwendig. Doch der Industrie ist es offenbar geglückt, Refraktoren dieses Typs in größeren Stückzahlen mit vertretbarem Aufwand herzustellen, sodass sich die Preise dieser kleinen Apos auf erstaunlich niedrigem Niveau bewegen. Auch wenn es nicht immer explizit vom Hersteller zu erfahren ist: Die Produktionsstätten der Objektive liegen, wie nicht anders zu erwarten, in Fernost, namentlich in China.

Neben der farbreinen Abbildung haben diese Geräte aber noch weitere Trümpfe im Ärmel: Sie sind klein, leicht und handlich. Das bedeutet, dass auch bei der notwendigen Montierung am Gewicht und damit letztlich an den Kosten gespart werden kann. Zur Not reicht sogar ein stabiles Fotostativ. Ohne große Mühe lassen sich Teleskop und Montierung transportieren und aufbauen, sei es auf dem Balkon, im Garten oder an einem wirklich dunklen Beobachtungsort abseits der Zivilisation. Zudem sind alle Apos dieser Kategorie relativ lichtstark, das heißt sie haben eine im Verhältnis zur Öffnung recht kurze Brennweite (Tabelle S. 66). In der Kombination mit langbrennweitigen Okularen werden damit riesige Gesichtsfelder möglich. Andererseits profitiert auch der Astrofotograf davon, denn die notwendigen Belichtungszeiten fallen so erfreulich kurz aus.

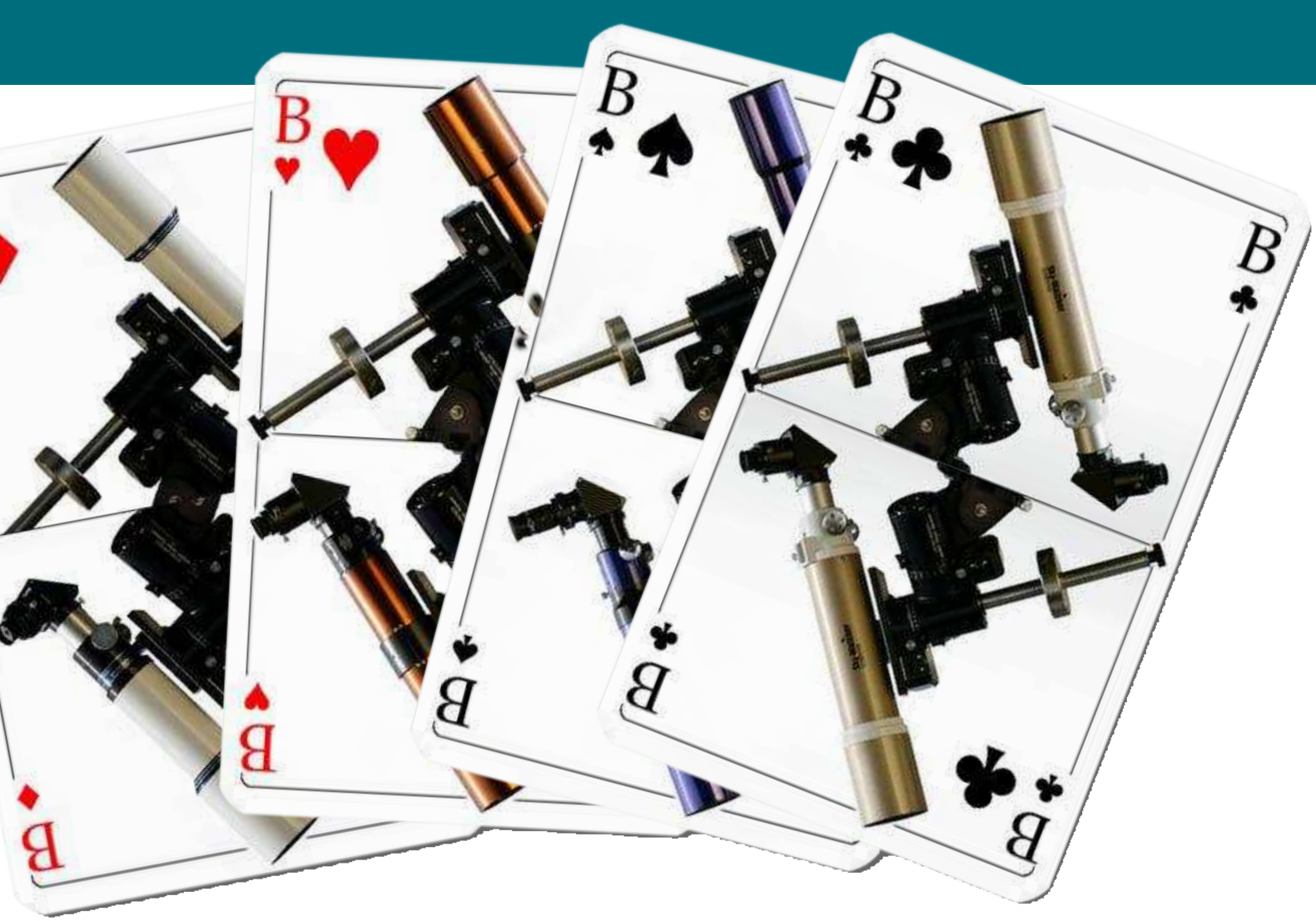
Im Gegensatz zu Spiegelteleskopen sind Refraktoren recht unkompliziert im Gebrauch. Sie benötigen keine lange Auskühlzeit, nachdem sie aus der geheizten Wohnung nach draußen gebracht wurden. Und eine Justage der Optik ist nur selten bis nie erforderlich. Das macht die handlichen Apos auch für den anspruchsvollen Einsteiger interessant.

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: STEFAN SEIP

Skywatcher ED 80

Das Gerät darf fast schon als Klassiker dieser Teleskopgattung bezeichnet werden, denn es ist von allen Kandidaten am längsten auf dem Markt und einer der Auslöser des »Apo-Booms«. ASTRONOMIE HEUTE berichtete bereits im April 2004 ausführlich über dieses Teleskop. Seit seiner Markteinführung hat es viele Käufer gefunden, weswegen wir es auch im Testfeld berücksichtigen, denn nicht wenige Sternfreunde dürften schon eigene Erfahrungen mit dem ED 80 gesammelt haben. Es ist leichter, das Leistungsvermögen der anderen Instrumente quantitativ einzuschätzen, wenn die

Welche Farbe wird hier gespielt? Bei den Transporteigenschaften ist der Scopos TL 805 (ganz rechts) nicht zu schlagen. Der Skywatcher ED 80 (ganz links) ist selbst ohne Taukappe erheblich länger.



Bube ist Trumpf Doch innerhalb des Testfelds gibt es eine klare Reihenfolge. Für alle Nicht-Kartenspieler: Kreuz vor Pik vor Herz vor Karo!

Werte des ED 80 als Referenz zu Grunde liegen.

Im Lieferumfang des Skywatcher sind weder ein Transportkoffer noch okularseitiges Zubehör enthalten. Lediglich die Rohrschellen mit Prismenschiene lagen der »Pro-Version« bei. Das ist zu berücksichtigen, wenn man die im Testfeld günstigsten Preise bewerten möchte, denn eine Montierung mit Stativ, ein Zenitprisma und einige Okulare kommen auf jeden Fall noch dazu. In der Pro-Version ist der ED 80 goldfarben metallic lackiert, der Okularauszug und die Linsenfassung weiß.

Der Crayford-Okularauszug nimmt Zubehör mit einem Durchmesser von zwei Zoll auf, ein Reduzierstück auf 1¼ Zoll (ohne Zwei-Zoll-Filtergewinde) ist aber vorhanden. Doch der Okularauszug bietet auch Anlass zur Kritik: Er lässt sich nicht wirklich festklemmen, sodass schweres Zubehör – wie etwa eine Kamera – bei senkrechter Tubusstellung den Auszug nach unten gleiten lässt. Ebenso sichern die zwei ziemlich klein geratenen Klemmschrauben, die Okular oder Kamera im Auszug fixieren sollen, den Halt nur mäßig und drücken zudem mit ihrer Metallspitze direkt auf die Hülsen, die dadurch Druckstellen bekommen.

Auch eine Getriebeuntersetzung für besonders präzises Scharfstellen fehlt dem ED 80. Die Taukappe ist nicht einschiebbar, was sich nachteilig auf die Tubuslänge auswirkt. Nur mit einem beherzten Griff lässt sie sich von der Linsenfassung abziehen. Dann allerdings fehlt ein Schutzdeckel für das Objektiv. Der Tubus hat einen Sockel samt Gewinde für die Montage auf einem Fotostativ und einen Montagesockel für eine Sucherfernrohr-Halterung.

William Optics Zenithstar II ED

Einen hochwertigeren Eindruck als der ED 80 hinterlässt das Gerät von William Optics. Geliefert wird es in einem stabilen, wasserdichten Transportkoffer aus Aluminium. Der Tubus ist metallicblauviolett lackiert, bewegliche Teile sind schwarz und hochglänzend. Rohrschellen und anderes Zubehör gehören nicht zur Grundausstattung. Lediglich der fest montierte L-Adapter mit Fotogewinde zur Montage auf einem Stativ liegt bei.

Die Taukappe lässt sich einschieben, was die Tubuslänge für den Transport angenehm reduziert. Der Okularauszug ist drehbar, um bei der Astrofotografie bequem den besten Bildausschnitt wählen zu können. Eine eingravierte Skala erleichtert die schnelle Reproduktion von einmal gefundenen Schärfepunkten. Die Klemmschrauben drücken nicht direkt auf die Hülsen, sondern auf einen Messingring. So werden Druckstellen an den Okularen vermieden. Doch der Clou ist die Getriebeuntersetzung: Durch einen zweiten, kleineren Fokussierknopf ist eine um den Faktor zehn langsamere Scharfstellung möglich, was insbesondere bei der Fotografie ein sehr präzi- >

Die Stärke des Skywatcher ED 80 ist seine scharfe, äußerst farbreine Optik. Das vierfach vergrößerte Bild eines Sterns nahe der optischen Achse (Ausschnitt oben rechts) zeigt das deutlich. Schwachpunkt ist der Okularauszug (Ausschnitt oben links).

> ses Arbeiten gestattet. Selbstverständlich nimmt der Auszug Zwei-Zoll-Zubehör auf. Ein Adapter auf 1¼ Zoll samt Zwei-Zoll-Filtergewinde ist ebenfalls im Lieferumfang enthalten. Leider rutscht auch dieser Auszug trotz maximaler Klemmung bei sehr schwerem Zubehör – etwa einer CCD-Kamera – durch. Normale Digitalkameras stellen aber kein Problem dar. Eine Aufnahme für eine Sucherhalterung fehlt, doch sind im Okularauszug eigens für diesen Zweck zusätzliche Gewindebohrungen vorhanden.

Scopos TL 805

Ein echter Trumpf ist dieser Apochromat mit einem Objektiv aus drei fest miteinander verkitteten Linsen. Im Testfeld ist es mit 798 Euro das teuerste Gerät. Ausgeliefert wird es in einer geräumigen Tragetasche mit viel Schaumstoff als Transportschutz. Unser Testgerät war bronzefarben lackiert; auf Wunsch ist es auch in weiß erhältlich. Die Hinterkante der einschiebbaren Taukappe sowie der Okularauszug sind in schwarz eloxiertem Aluminium gehalten.

Der Scopos bietet als einziges Gerät im Testfeld die Möglichkeit, den hinteren Teil des Tubus herauszuschrauben. Das hat den Vorteil, dass man den Fokus auch mit einem Binokularansatz problemlos erreicht. Mitgeliefert wird eine breite Rohrschelle, die vollständig entfernt werden kann und auf der Unterseite eine ebene Auflagefläche mit einem Stativgewinde aufweist. Zudem hat sie eine Bohrung für einen Sucher. Ein passender Sucherschuh ist nur als separates Zubehör erhältlich.

Eher unpraktisch ist die Verriegelung der Rohrschelle, die mit Schraube und Gegenschraube den Einsatz beider Hände erfordert. Der Okularauszug bietet selbst bei schwerstem Zubehör einen festen Halt, zusätzlich eine 1:10 Getriebeuntersetzung für sehr genaues Fokussieren, eine Skala und eine Ringklemmung, die verhindert, dass die Fixierschrauben Okulare oder Zenitprismen beschädigen. Standardmäßig nimmt der Auszug Zwei-Zoll-Zubehör auf, ein Adapter auf 1¼ Zoll mit Zwei-Zoll-Filtergewinde ist im Lieferumfang enthalten.

Meade 80 – Serie 5000

Die ersten Exemplare dieser Baureihe werden im Frühjahr 2007 im Handel erwartet. Im Test befand sich ein Vorseriengerät. Geliefert wurde der Tubus mit Optik. In Zukunft wird es im Handel auch eine Version mit dielektrischem Zenitspiegel und Koffer geben. Mit nur 480 Millimeter Brennweite und einem Öffnungsverhältnis von f/6 ist es das lichtstärkste Gerät im Test. Ein dreilinsiges Objektiv bietet viele Möglichkeiten zur Bildkorrektur.

Der Tubus ist weiß lackiert, während der Okularauszug aus schwarz eloxiertem Aluminium besteht. Davon abgesetzt sind blaumetallische Ringe, die dem Instrument eine besondere Note verleihen. Die Taukappe ist für den Transport einschiebbar. Fest am Tubus montiert ist ein Fuß mit einem Fotogewinde, der gleichzeitig auch als »Schwalbenschwanz« dient. Rohrschellen werden nicht mitgeliefert.

Der Blick auf den Okularauszug offenbart erste Schwächen: Zwar lässt er sich um seine Achse drehen, um in der Astrofotografie jeweils den besten Bildausschnitt zu finden, aber es fehlt eine Untersetzung für minimale Fokuskorrekturen, wie sie beim Scopos und beim William Optics vorhanden ist. Das ist schade, denn besonders bei einem so lichtstarken Objektiv ist die Tiefenschärfe sehr gering und eine exakte Fokussierung nicht immer einfach. Nach Abschluss der Tests teilte uns die Firma Meade mit, dass ein Teil im Fokussierer falsch montiert war, was bei diesem Gerät zu Kollimationsproblemen am Auszug führte.

Bei schräg ausgerichtetem Tubus ist es nicht möglich, eine im Okularauszug sitzende schwere Kamera so zu fixieren, dass der Auszug nicht durchrutscht. So geht der einmal eingestellte Fokus verloren. Schon bei geringem Zusatzgewicht schafft es der Crayford-Auszug bisweilen nicht, unter Last wieder einzufahren. Gut gelöst ist hingegen die Fixierung des Zwei-Zoll-Zubehörs mittels Ringklemmung. Ein Adapter von zwei auf 1¼ Zoll samt Zwei-Zoll-Filtergewinde wird mitgeliefert. Montagemöglichkeiten für einen Sucher sind nicht vorhanden, bei einem Refraktor mit so kurzer Brennweite aber auch nicht unbedingt notwendig. Ein Okular mit geringer Vergrößerung bildet ein so großes Gesichtsfeld ab, dass Sie alle Objekte mühelos finden.

Auf der Teststrecke

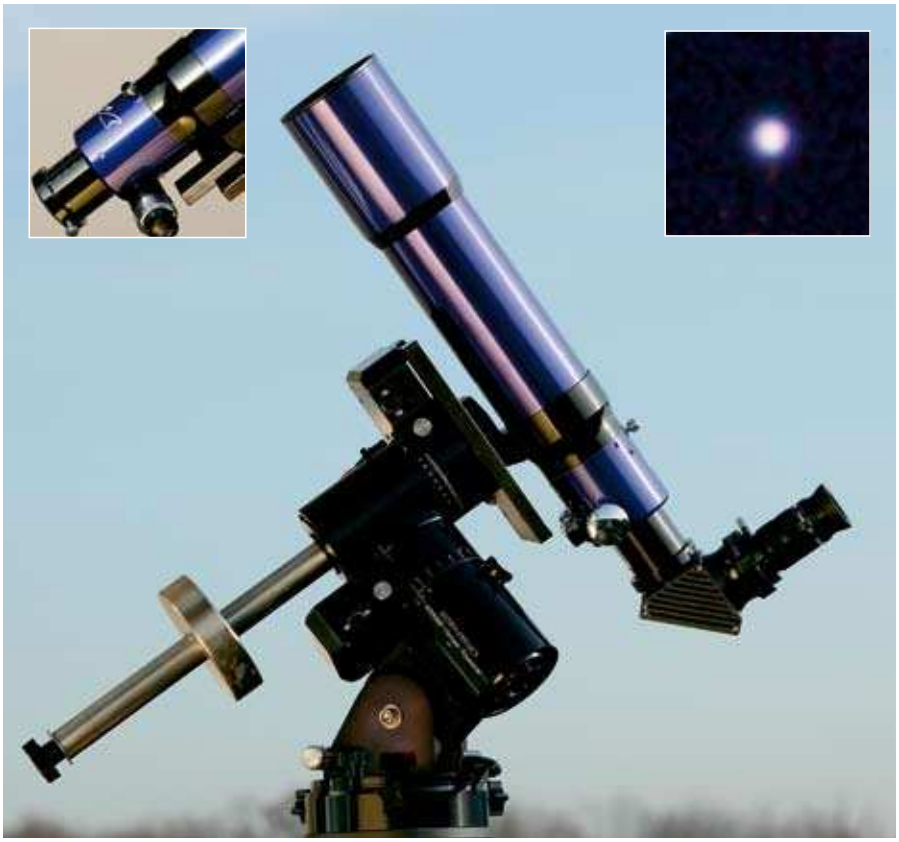
Neben diesen äußerlichen Unterschieden zählt natürlich in erster Linie der Blick durchs Fernrohr. Mehrere Nächte lang mussten die Testkandidaten Größe beweisen, sowohl bei vergleichenden Beobachtungen im Visuellen als auch beim fotografischen Einsatz.

Hierbei benutzte ich ein Schnellwechselsystem, das es mir erlaubte, jedes Fernrohr auf der Montierung rasch gegen ein anderes auszutauschen. So konnte ich alle Kandidaten zeitnah direkt miteinander vergleichen und Unterschiede recht einfach feststellen. Die Abbildungsqualität aller vier Refraktoren ist außergewöhnlich gut. Dennoch muss es das Ziel eines vergleichenden Tests sein, selbst minimale Unterschiede herauszuarbeiten. Es handelt sich hier also um eine Kritik auf hohem Niveau. Zu berücksichtigen ist auch, dass eine eventuell vorhandene Serienstreuung nicht erfasst wurde, da ich jeweils nur ein Exemplar testete.

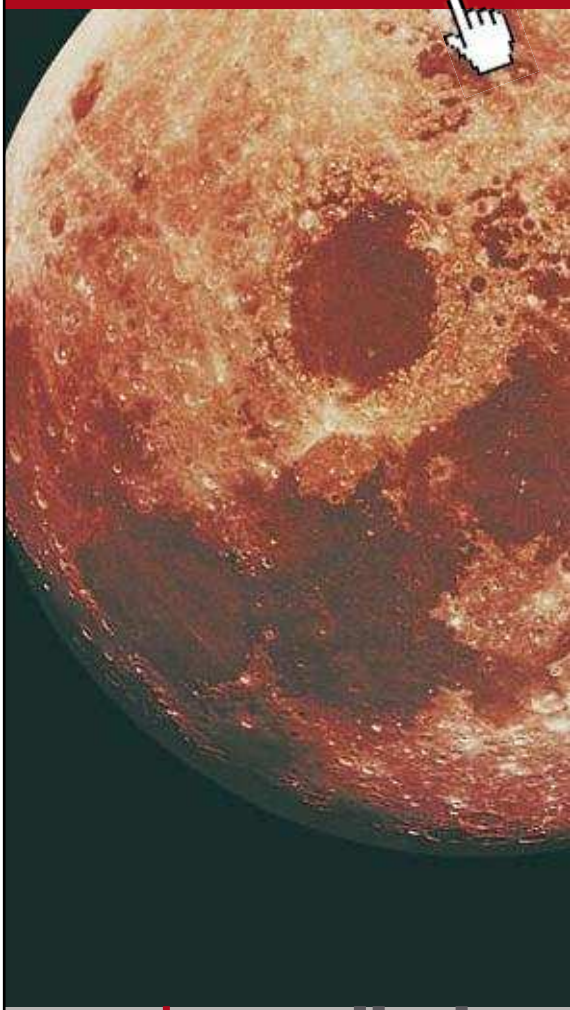
Beim Sterntest wird ein mittelheller Stern eingestellt und durch ein Okular mit kurzer Brennweite sehr stark vergrößert. Dabei geht man sogar über das maximal sinnvolle Limit von 160-fach (bei Teleskopen mit achtzig Millimeter Öffnung) hinaus, denn Ziel ist es, das Beugungsscheibchen eines Sterns zusammen mit den ihn umgebenden Beugungsringen zu erkennen.

Ein wirklich symmetrisches Beugungsbild zeigte nur der Skywatcher ED 80. Helligkeitsmaxima an drei Stellen der Beugungsringe deuten auf eine leicht verspannte Optik hin, die vom Anwender aber nicht ohne Weiteres beseitigt werden kann. Auch das Gerät von William Optics produzierte ein Sternabbild fast wie aus dem Lehrbuch, allerdings mit einer kleinen Asymmetrie, die auf eine geringfügige Dezentrierung zurückzuführen ist. Das Objektiv hat – wie die aller Kandidaten – keine justierbare Fassung, sodass dies ein Dauerzustand bleibt. Im Scopos wurde ein schönes Beugungsmuster sichtbar, das leider nach einer Seite einen leichten Lichtausbruch zeigte. Hier lag wohl ebenfalls eine minimale Dezentrierung vor. Durch die Verkittung der Linsen ist eine Korrektur der einzelnen Glieder zueinander aber nicht >

Der Zenithstar II ED von William Optics hat ein gestochen scharfes Bild mit sehr geringem Farbfehler (Ausschnitt rechts). Der Okularauszug bietet sogar einen mit 1:10 untersetzten Feintrieb (Ausschnitt links).



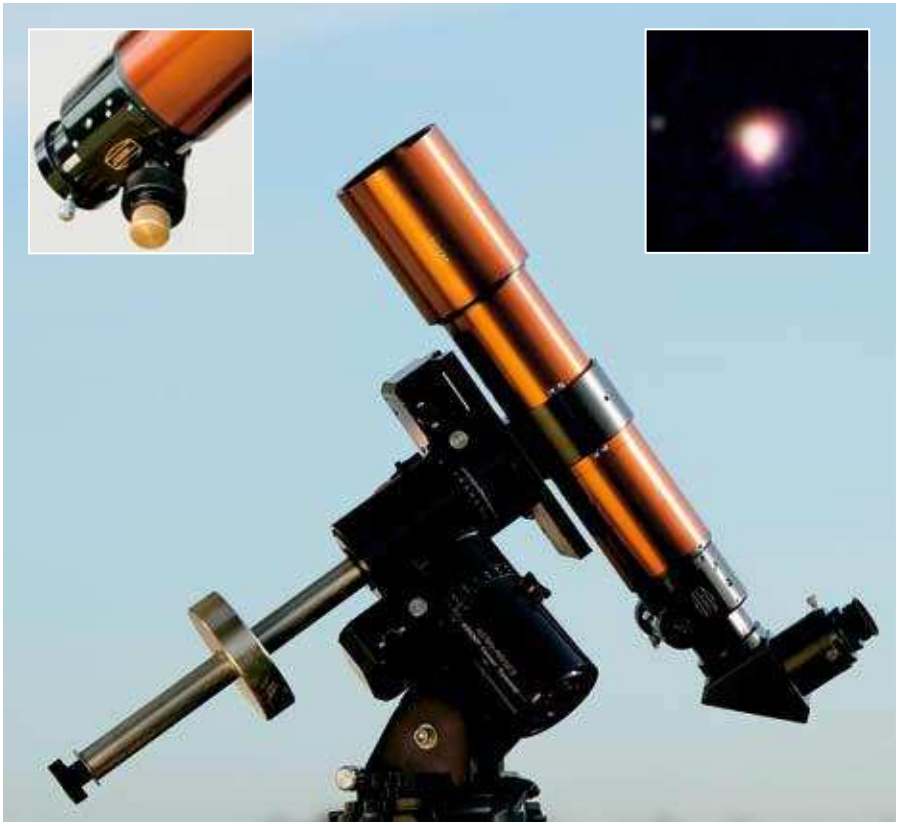
Wissen aus erster Hand



spektrumdirekt
Die Wissenschaftszeitung im Internet

Die Redaktion von spektrumdirekt informiert Sie online schnell, fundiert und verständlich über den Stand der Forschung.

www.spektrumdirekt.de/info



Der Scopos TL 805 sticht in zwei Bereichen: Sein Tubus ist teilbar, sodass Beobachter mit einem Binokularansatz voll auf ihre Kosten kommen. Rote Ränder um helle Objekte herum (Ausschnitt oben rechts) lassen auf einen geringen Farbfehler schließen.

> möglich und bei korrekter Ausführung des Objektivs auch nicht sinnvoll. Wenn die Ursache eine leichte Verkippung oder Verspannung in der Fassung sein sollte, müsste das vom Hersteller oder Lieferanten des Teleskops behoben werden.

Der Meade-Apo leistete sich beim Sterntest eine Schwäche. Von dem einwandfrei aussehenden, zentralen Sternscheibchen zeigten drei kurze Winkelsegmente weiterer Beugungsringe in eine Richtung. Da es sich um ein dreilinsiges Objektiv mit zwei Luftspalten handelt, ist wahrscheinlich die Stellung der Linsen zueinander nicht optimal – möglicherweise eine Folge des Transports auf dem Postweg oder aber ein Problem des Vorserienmodells.

Störende Farbsäume

Wer einen Apo erwirbt, hofft zu Recht auf Abbildungen ohne störende Farbsäume. Nicht selten wird dies in der Werbung sogar versprochen. Im Großen und Ganzen können die vier Testkandidaten dieses Versprechen einlösen. Dennoch gibt es auch hier Unterschiede: Den geringsten Farbfehler zeigt der Refraktor von William Optics. Im Fokus – und darauf kommt es ja in der Praxis an – ist er praktisch völlig farbrein und einem waschechten Vollapochromaten ebenbürtig. Mit Bravur meisterte auch der ED 80 diese Disziplin. Nur bei sehr hohen Vergrößerungen wird ein rötlicher Rand um helle Objekte herum sichtbar.

In stärkerem Maße trifft das auf das Fernrohr von Meade zu, was insofern verwundert, da drei Linsen den Farbfehler korrigieren sollen. Das Schlusslicht bildet der Scopos, der bei hellen Objekten einen roten Rand zeigt. Auch ein Wechsel des Okulars brachte keine Verbesserung.

Saturn als Testobjekt

Den Schärfeeindruck zu quantifizieren ist keine leichte Aufgabe. Vor allem, wenn die Testkandidaten relativ dicht nebeneinander liegen. Doch im direkten Vergleich der Geräte werden selbst feinste Unterschiede sichtbar. Als Testobjekte dienten Saturn und Mond bei hoher Vergrößerung, wobei jeweils auf den subjektiv empfundenen Schärfeeindruck sowie auf die Erkennbarkeit feiner Details (beispielsweise die Cassinische Teilung in den Saturnringen) Wert gelegt wurde.

Überraschungssieger in dieser Kategorie ist der Skywatcher ED 80. Mit etwas Abstand folgen die Fernrohre von Scopos und William Optics. Das Schlusslicht bildet der Meade-Refraktor. Wahrscheinlich verhindert die leichte Dezentrierung seiner Optik, die sich bei diesem Gerät auch im Sterntest zeigt, eine perfekte Abbildung bei höchster Vergrößerung.

Höchster Kontrast

Bei manchen Himmelsobjekten ist zudem die Kontrastleistung wichtig, etwa bei den Planeten. Gerade in dieser Disziplin erwartet man von einem apochromatischen Refraktor Höchstleistungen, um das begrenzte Auflösungsvermögen durch die relativ geringe Öffnung wieder wettzumachen. In der Summe entsprechen alle vier Kompakt-Apos den Erwartungen des Testers. Ähnlich wie bei der Bewertung der Schärfe zeigt sich folgendes Bild: Skywatcher vor Scopos vor William Optics vor Meade.

Blick in die Milchstraße

Eine besondere Domäne der kurzbrennweitigen Fernrohre ist die Beobachtung mit geringer Vergrößerung und großem Gesichtsfeld. Wenn Sie einen der getesteten Refraktoren mit einem Zwei-Zoll-Weitwinkelokular bestücken und so Ihren Blick durch die Milchstraße schweifen lassen, haben Sie den Eindruck, aus dem Fenster eines Raumschiffs zu schauen. Selbst ausgedehnte Sternhaufen und Dunkelwolken sind damit sichtbar.

Den Vergleichstest führte ich an einem dunklen Standort durch. Ich verwendete hierfür ein Nagler-Okular mit 31 Millimeter Brennweite. In Verbindung mit den Testgeräten ergeben sich Vergrößerungen zwischen 19- (Skywatcher) und 15-fach (Meade). In die Wertung floss die Abbildung der Sterne ein, die im Idealfall wie nadelstichfeine Pünktchen aussehen. Gerade das schätzen manche Benutzer von Refraktoren ganz besonders.

Testsieger in diesem Bereich ist eindeutig der Scopos. Dicht gefolgt vom Skywatcher und fast gleichauf das Fernrohr von William Optics. Auch der Meade-Refraktor macht eine gute Figur, muss sich aber den Mitbewerbern letztlich geschlagen geben.

Thema Astrofotografie

Kurzbrennweitige, apochromatische Refraktoren sind bei Astrofotografen sehr beliebt. Ihr Öffnungsverhältnis erlaubt kurze Belichtungszeiten und die kleine Brennweite die Verwendung einer leichten und preiswerten Montierung. Im Notfall oder für den Einstieg kann sogar einmal auf eine Nachführkontrolle verzichtet werden. Schon mit handelsüblichen digitalen Spiegelreflexkameras erzielen Sie an diesen Instrumenten ansehnliche Resultate. Mit einer Kamera, die einen Chip im APS-C-Format besitzt, sind Brennweiten von zirka 500 Millimeter gut dazu geeignet, viele beliebte Deep-Sky-Objekte – etwa den Orionnebel, die Plejaden oder die Andromeda-Galaxie – formatfüllend abzubilden.

Im Gegensatz zur visuellen Beobachtung ist bei der Fotografie auch die Abbildungsqualität abseits der optischen Achse wichtig. Sie entscheidet darüber, wie die Sterne in den Ecken des Bildfelds aussehen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Schärfenebene eines Refraktors kugelförmig gebogen ist. Das bedeutet, dass die Randbereiche bei genauem Scharfstellen auf die Bildmitte nicht mehr hundertprozentig scharf sind, weil der Aufnahmechip dann nicht mehr im Fokus sitzt. Hier schafft eine so genannte Bildfeldebnungslinse Abhilfe. Diese ist im Idealfall exakt auf die Fernrohroptik abgestimmt, kann also nicht an anderen Teleskopmodellen mit gleichem Erfolg eingesetzt werden.

Der Meade 80 Serie 5000

kann in keiner Disziplin so richtig glänzen. Sein Farbfehler (Auschnitt oben rechts) ist relativ stark.

Für keinen der vier Testkandidaten werden solche speziellen Linsen angeboten. Für das Scopos-Teleskop wird vom Hersteller der »Tele Vue Flattener Ranger Flat« mit einer Brennweitenverlängerung um den Faktor 1,05 empfohlen. William Optics hat einen so genannten »Reducer/Field Flattener« mit einer Brennweitenverkürzung um den Faktor 0,8 im Programm, der zwar für Refraktoren mit 66 Millimeter Öffnung konstruiert wurde, aber auch mit dem Achtzig-Millimeter-Zenithstar funktionieren soll. Im Fall des Skywatcher ED 80 und dem Meade-Apo bleibt nur der Weg, mit verschiedenen Bildfeldebnungslinsen zu experimentieren und zu hoffen, dass man eine passende findet.

Alle Fernrohre wurden ohne diese Linse getestet, da ich herausfinden wollte, ob diese überhaupt notwendig ist. Für >

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK Astro-Kuppeln sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer

NEU: 20x80 Groß-Fernglas mit Panorama-Montierung und Stativ - *jetzt nur € 799,00!*

Preis-Reduzierung!

Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Fraunhoferstraße 14
D-82152 MÜNCHEN-Martinsried
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de

Die Testteilnehmer in Zahlen				
Produktbezeichnung	Skywatcher ED 80	William Optics Zenithstar II ED	Scopos TL 805	Meade 80 mm ED APO
Typ / Anzahl Linsen	ED-Apochromat / 2	ED-Apochromat / 2	Triplet-Apochromat / 3	Triplet-Apochromat / 3
Brennweite (mm)	600	545	560	480
Öffnungsverhältnis	f/7,5	f/6,8	f/7	f/6
Gewicht Tubus (kg)	2,6	2,8	3,3	2,8
Tubuslänge (mm) (Taukappe ein-/ausgezogen)	– / 600	429 / 500	446 / 515	381 / 495
Preis (unverb.)	495 €	659 €	798 €	720 €
Bezugsquellen	skywatchertelescope.de	www.williamoptics.de	baader-planetarium.de; teleskop-service.de	www.meade.de

> den Test wurde ein beliebiges Sternfeld im Zenit mit einer astronomischen CCD-Kamera kurz belichtet. Einmal ohne jeglichen Filter und dann durch einen Rot-, einen Grün- und einen Blaufilter (RGB). So ermittelte ich die allgemeine Abbildungsqualität der Teleskope bis in die Ecken des klassischen Kleinbildformats hinein.

Bei den Sternabbildungen in der Bildmitte war es nicht leicht, die minimalen Unterschiede festzustellen. Mit hauchdünnem Vorsprung siegt der Scopos, dicht gefolgt vom Skywatcher und dem William Optics. Nur geringfügig schlechter schneidet das Meade ab, wobei hier ein leicht davondriftender Fokus durch den schlecht fixierten Okularauszug die Ursache sein könnte.

Die optische Abbildungsqualität in den Bildecken bestimmte ich mit einer APS-C-Spiegelreflexkamera. Hier addieren sich die Folgen der Bildfeldwölbung zu den Abbildungsfehlern der Optik abseits der optischen Achse. Kein Testkandidat zeigt unter diesen Bedingungen einwandfreie Sternabbildungen. Stets sind diese leicht deformiert. Am besten schnitt hier der Scopos ab, bei dem die Sterne in den äußersten Ecken etwa doppelt so lang wie breit waren. Vor allem tritt dieser Fehler beim Scopos wirklich nur in den extremen Randbereichen auf. Auf Platz zwei folgt der Skywatcher mit etwas »komabehafteten« Sternen in den Ecken. Der Randbereich, der von diesem Fehler betroffen ist, ist hier etwas größer als beim Scopos.

Das Meade teilt sich mit dem Fernrohr von William Optics Platz drei. Bei beiden sind die Sternabbildung von den Ecken bis ins Bildfeld hinein gestört: beim Meade durch deutlich sichtbare Koma, beim William Optics durch strichförmige Sterne, die im Extremfall viermal so lang wie breit sind. In den Ecken des vollen Kleinbildformats liefert jedoch keiner der vier unkorrigierten ED-Apos eine akzeptable Abbildungsqualität.

Farbfehler

Auch fotografisch ist die Farbreinheit eines Apochromaten ein wichtiges Kriterium. Die typischen blauen Höfe um helle Sterne bei den klassischen, einfach gebauten Linsenteleskopen sind sehr störend und sollten bei Apochromaten nicht auftreten. Untersucht wurden die RGB-Aufnahmen nach der Addition zu einem Farbbild. Der Fokus wurde hierbei nach dem Filterwechsel natürlich nicht verstellt. Die Fokussierung erfolgte mit eingeschwenktem Grünfilter. Das verwendete Filterset garantierte die gleiche Fokuslage bei allen Filtern.

Beim Fernrohr von William Optics und beim Skywatcher ED 80 waren Farbfehler in der Bildmitte nicht nachweisbar. Damit teilen sich beide Geräte hier den Spitzenplatz. Beim Scopos zeigte sich ein schwacher, rötlicher Rand um die hellen Sterne, was bedeutet, dass der visuell sichtbare Farbfehler auch bei der Fotografie im Primärfokus zu Tage tritt – allerdings auf erfreulich niedrigem Niveau.

Ganz anders beim Meade-Apo: Obwohl er mit einem dreilinsigen Objektiv ausgestattet ist, sind hier große blaue Säume um die hellen Sterne herum sichtbar. Ein etwas enttäuschendes Resultat, das vielleicht auf die hohe Lichtstärke zurückgeführt werden kann.

Fazit

Ginge es bei dem Vergleich der vier Teleskope nur um die optische Leistung, so würde der Skywatcher ED 80 als Testsieger mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis aus diesem Wettbewerb hervorgehen. Als beliebter Longseller leistet er sich in keiner wichtigen Disziplin wirklich Schwächen. Leider ist er mechanisch den drei Mitbewerbern deutlich unterlegen. Seine nicht einziehbare Taukappe erschwert den Transport und auch der schwache Okularauszug trübt das Gesamtbild.

Der William Optics Zenithstar II ED und der Scopos TL 805 spielen mechanisch in der gleichen Liga, wobei der Okularauszug des Scopos unschlagbar gut ist. Dafür sehe ich beim William Optics Vorteile bezüglich der Farbreinheit. Wenn ich die Wahl hätte, würde ich mich eher für Letzteren entscheiden. Das Meade-Teleskop kann weder mechanisch noch optisch richtig mithalten. Weit abgeschlagen ist es nicht, die Rangordnung ist allerdings klar.

Doch auch an dieser Stelle muss Träumen erlaubt sein: Mein Idealteleskop hat den Tubus des William Optics, der allerdings wie beim Scopos durch Herausschrauben einer Hülse für binokulare Beobachtung gekürzt werden kann. Im Tubus befindet sich die Optik des Skywatcher ED 80. Als Okularauszug kommt das Modell des Scopos zum Einsatz. Und eine passende Bildfeldebnungslinse gibt es als Zubehör noch obendrauf. Aus der Traum: Im wirklichen Leben kann man einfach nicht alles auf einmal haben! <<

Stefan Seip arbeitet als Astrofotograf in Stuttgart. Beim Testen von Teleskopen für ASTRONOMIE HEUTE muss auch er ab und zu mit den eigenen statt mit dem Auge einer Kamera durch Fernrohre blicken. Dabei merkt er, was er als Fotograf so alles versäumt.

Weblink:
www.astronomie-heute.de/artikel/ 863196

Science-Shop.de

vor allem Wissen

Science & Fun im Science-Shop

Tolle Kartonbausätze!

Hochwertige Kartonbausätze, voll funktionstüchtig, vorgestanzt und mit Zubehör, ausführlichen Bauanleitungen und Erläuterungen:

■ Der Stirling-Motor Kartonbausatz

NEU

Kartonbausatz für einen voll funktionstüchtigen Stirling-Motor

2006, SunWatch.
Bestell-Nr. 2321.
€ 21,90 (D), € 21,90 (A)

Setzen Sie diesen voll funktionstüchtigen Stirling-Motor auf eine Tasse mit kochend heißem Kaffee (oder eine Kaltkompresse), geben Sie dem Schwungrad einen kleinen Schubs nach links, und der genügsame Apparat beginnt leise zu stampfen – bis zu einer Stunde lang! Bausatz aus stabilem, gestanztem Karton in liebevoll gestaltetem Golddruck, komplett mit allem Zubehör, darunter lasergeschnittene Aluminium-Bleche, reibungsarme Kunststoff-Achslager und Drahtbiegeteile aus Federstahl. Höhe 16,5 cm, Breite und Tiefe je 12,6 cm.

■ Das Newton-Spiegelteleskop plus Sonnenfilter-Vorsatz

2003, SunWatch. Bestell-Nr. 1425.
€ 22,90 (D), € 23,60 (A)

Kartonbausatz für ein voll funktionstüchtiges Spiegelteleskop mit 9 – 30-facher Vergrößerung.

■ Der Sonnen-Projektor

Bestell-Nr. 1709.
€ 19,90 (D), € 20,50 (A)

Vorgestanzter Kartonbausatz für ein Sonnen-Projektionsgerät zur gefahrlosen Sonnenbeobachtung.

■ Solarscope

Bestell-Nr. 1676.
€ 49,– (D), € 50,40 (A)

Ein preiswertes Teleskop zur Sonnenbeobachtung im Projektionsverfahren. Beobachten Sie Sonnenflecken, Venustransit und Finsternisse. Eine hochwertige Optik (Öffnungsblende 40 mm) in Kombination mit stabiler Kartonbauweise ermöglicht puren Beobachtungsgenuß. Format: 370 x 260 x 410 mm.

■ Solarscope Ausbildungsversion

Bestell-Nr. 1677. **€ 84,– (D),** € 86,40 (A)

Daran können bis zu 7 Beobachter gleichzeitig arbeiten. Es enthält zusätzlich eine Messschablone und ein Bleilot. Format: 380 x 450 x 600 mm.

■ Celestron SkyScout

»Handplanetarium« mit GPS-Empfänger

Format: 18,5 x 10 x 6,25 cm, 520 gr. mit Batterien (nicht enthalten), Celestron.
Bestell-Nr. 2271. **€ 395,– (D),** € 395,– (A)

Lieferbar ca. ab März 2007. Sichern Sie sich Ihr Exemplar schon jetzt zum Vorbestellpreis, ab 1.4.2007 gilt ein neuer Preis: € 435,– (D), 435,– (A)

Der Celestron SkyScout ist ein revolutionäres neues »Handplanetarium« mit eingebautem GPS-Empfänger.

Durch reines Anvisieren eines Himmelsobjekts identifiziert der Skyscout dieses und gibt Informationen auf dem Display und per Sprache (vorerst nur Englisch) aus. So kann der Sky-Scout Ihr persönliches Planetarium sein und Sie lernen mit ihm vieles über Sterne, Planeten und Sternbilder. Amateurastronomen, die sich am nördlichen Sternhimmel auskennen, kann Sky-Scout auf Urlaubsreisen in südliche Länder begleiten und helfen sich am dortigen Sternenhimmel zurecht zu finden.

■ Stirlingmotor Solar Stahl

Motor ca. 13 cm hoch m. einem Grundflächendurchmesser von 10 cm. Schwungrad aus poliertem Messing, die Teile d. Grundkörpers bestehen aus poliertem Edelstahl, AERO.
Bestell-Nr. 2219.
€ 199,– (D), € 199,– (A)

Dieser Stirlingmotor läuft sogar mit Licht!

Die obere Gehäuseplatte wurde aus Acrylglas gefertigt, um Sonnenlicht oder das Licht einer Lampe auf die Oberseite des Verdrängerkolbens gelangen zu lassen. Dort erwärmt sich die Luft, wodurch der Motor nach dem Stirlingprinzip arbeiten kann. Dieser Stirlingmotor läuft aber auch, wenn er einseitig – z. B. von unten – erwärmt wird. Als Wärmequellen bieten sich zahlreiche Möglichkeiten des Haushalts an und sogar die menschliche Hand. Je größer die Temperaturdifferenz ist, umso schneller läuft er. Interessanterweise läuft er rückwärts, wenn er auf einen kalten Untergrund gestellt wird.

■ Braintwister Space

Bestell-Nr. 1833.
€ 15,– (D), € 15,50 (A)

Ab 8 Jahren. Testen und trainieren Sie Ihr Gedächtnis. 90 Spielkarten sind sowohl auf der Vorder- als auch auf der Rückseite mit Motiven aus Weltall und Raumfahrt bedruckt. Zwei Karten sind ein Paar, wenn beide Abbildungen – Vorder- und Rückseite – übereinstimmen. Memory für Fortgeschrittene!

■ Laserpod Galaxy

Die Lava-Lampe für das 21. Jahrhundert

Höhe: 11,5 cm; mit Aufsatz: ca. 27,5 cm, Ø 8,4 cm, Laserpod: Aluminium, Gewicht ca. 450 g, Netzteil im Lieferumfang enthalten.
Bestell-Nr. 2296.
€ 99,– (D),
€ 99,– (A)

Laserpod ist die neueste Entwicklung des britischen Lichtkünstlers Chris Levine und die wohl revolutionärste Erfindung seit der Lavalampe in den Siebzigern.

Im Inneren des Laserpod strahlen zwei blaue und eine violette LED sowie 3 rote Laser. LEDs und Laser werfen ihr Licht auf eine Kristallkugel, die das Licht mehrfach bricht und letztendlich an Decke, Wand etc. projiziert. Durch die Drehung des Kristalls entstehen immer wieder neue, einzigartige Lichtbilder. Zusätzlich wird eine Glaslinse mitgeliefert, die auf dem Laserpod gesetzt werden kann. Diese bricht das Licht zusätzlich, sodass ein faszinierendes Lichtspiel aus Laserwolken und sphärisch blauem Licht entsteht. Wer den Laserpod lieber als innovative Tischlampe nutzen möchte, kann einen der beiden Aufsätze verwenden und sich so von der Lavalampe des 21. Jhdts begeistern lassen.

Portofreie Lieferung in D & A ab einem Bestellwert von € 20,–*

■ Sternenhimmel Mini-Leuchtglobus

Ø 13 cm, Höhe insg. 19 cm, incl. 6V Netzteil, EIN/AUS-Schalter und abnehmbaren Kabel.
Bestell-Nr. 1913.
€ 14,80 (D), € 15,30 (A)

Der kleinste beleuchtete Zweibild-Globus der Welt! Verschönern Sie Ihren Schreibtisch mit diesem Leuchtglobus. Die Fixsterne leuchten besonders stark, der Metallmeridian ist silber.

■ Briefbeschwerer Raumsonde Cassini

Maße: 80 x 50 x 50 mm, in blauer Geschenkbox.

SONDERPREIS

Bestell-Nr. 1931.
Früher € 32,– jetzt € 22,– (D), € 22,– (A)

Der Briefbeschwerer zeigt die Raumsonde Cassini und den Ringplaneten Saturn, wie sie dreidimensional und einträchtig in dem massiven Plexiglasblock schweben. Diese Gravur wurde mittels moderner Lasertechnik erzeugt.

Bequem bestellen:
→ direkt bei www.science-shop.de
→ per E-Mail: info@science-shop.de
→ telefonisch 06221/9126-841
→ per Fax: 0711/7252-366
→ per Post: Postfach 810680 • 70523 Stuttgart

* Bei Bestellungen in Deutschland & Österreich unter € 20,– sowie bei Bestellungen im sonst. Ausland berechnen wir € 3,50. Alle Preise inkl. Umsatzsteuer. Preise unter Vorbehalt.

Nicht nur für Profis

Auch für Amateure gibt es eine ganze Reihe sehr hochwertiger Geräte, die höchste Ansprüche erfüllen.

Sky-Stativ von Berlebach

Höchste Ansprüche erfüllt das Sky-Stativ von Berlebach, das die Produktpalette des traditionsreichen Herstellers ergänzt (Foto oben). Es ist in Holz-Kohlefaser-Verbundbauweise ausgeführt und das Ergebnis einer intensiven Zusammenarbeit der Firmenexperten mit Wissenschaftlern der TU Dresden. Das Stativ kombiniert die besten Eigenschaften des Werkstoffs Holz wie Schwingungsdämpfung und geringe Wärmeleitung mit den hervorragenden Attributen neuer Karbonwerkstoffe.

Das Stativ trägt bei einem Eigengewicht von weniger als acht Kilogramm Lasten von bis zu 140 Kilogramm. Schwingungen auf Grund äußerer Einflüsse wie Wind oder Stoß dämpft die Konstruktion innerhalb einer Sekunde. Beobachtungen und Fotos werden dadurch präziser!

Im Vergleich zu Metallstativen dehnt sich Holz auch im Verbund mit Kohlefaser bei direkter Sonneneinstrahlung sehr wenig aus. Selbst bei extremer Kälte können Sie ohne Handschuhe komfortabel mit dem Stativ arbeiten. Preis: 1495,– €
www.berlebach.de

Kompakte azimutale Montierung: die GR-3 der Frankfurter Firma Tele-Optic (Foto links unten). Die DX-Variante trägt bis zu sechs Kilogramm schwere Fernrohre auch ohne Gegengewicht stabil. Mit einer Prismenklemmung können Sie alle Geräte mit Prismenschienen anschließen.

Etwas schwerere Geräte werden mit einem Gegengewicht austariert. Bei der TV-Variante (twin view) lässt sich statt eines Gegengewichts auch ein zweites Teleskop anbringen.

Die Montierung wird aus einer hochfesten Aluminiumlegierung gefertigt und kann nahezu an allen Stativen mühelos befestigt werden. Sie kommt dank hochwertiger Gleitlager vollständig ohne Schmiermittel aus. Die GR-3 wird serienmäßig rot eloxiert.

Gegen Aufpreis kann sie mit Zubehör wie Gegengewichtsstange plus Gegengewicht, Prismenklemme oder einer Montageplatte weiter ausgebaut werden. Durch das Anbringen eines zusätzlichen Befestigungsarmes wird aus der GR-3 DX das Modell GR-3 TV.

Die GR-3 DX kostet 279,– €, für die GR-3 TV müssen Sie 309,– € ausgeben.
www.tele-optic-tecnica.de

Um die FS2-Steuerung an der Vixen-Sphinx-Montierung betreiben zu können, bietet die Firma Astro-Electronic jetzt passende Schrittmotoren an. Diese ersetzen die originalen Servos.

ALLE ABBILDUNGEN: HERSTELLERFOTOS

GR-3-Montierung von Tele-Optic

variabler Farb- und Polarisationsfilter CC1 von Teleskop-Service

Das Kit enthält zwei Motoren mit 10 : 1-Getriebe, zwei Messingzahnräder, eine kleine Aluplatte mit dem Helligkeitsregler für die Polsucherbeleuchtung, das Kabel und die nötigen Schrauben.

Die maximale Schwenkgeschwindigkeit hängt von der Betriebsspannung der FS2 ab und liegt zwischen eineinhalb und vier Grad pro Sekunde. Der Umrüstsatz kostet 630,– € und bildet die Grundvoraussetzung, um später die FS-Steuerung anschließen zu können.
www.astro-electronic.de

Neue dreilinsige Objektive verbaut Takahashi ab sofort in den neuen TSA-Teleskopen (Foto rechts oben). Diese treten die Nachfolge der alten FS-Refraktoren mit Fluoritoptik an. Die neuen Optiken bestehen aus ED- beziehungsweise SD-Linsen. Der neue TSA-102 hat 816 Millimeter Brennweite und ein Öffnungsverhältnis von f/8. Das Objektiv ist etwas schwerer als das des Vorgängers, aber in der optischen Leistung nochmals ein Stück verbessert. Selbst bei harten Kontrasten zeigt es keinerlei Farbränder.

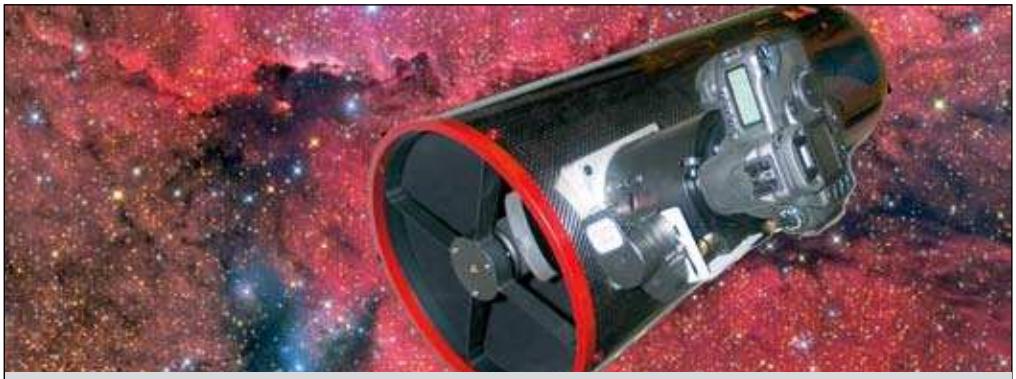
Das äußere Design hat sich gegenüber dem Vorgänger fast nicht verändert – der perfekt verarbeitete Tubus scheint wie aus einem Guss.

Der TSA-102 ist wie zuletzt die FS-Modelle mit fester oder verschiebbarer Taukappe lieferbar. Die Preise der beiden Modelle liegen bei 2398,– (feste Taukappe) und 2598,– € (verschiebbare Taukappe); jeweils mit Rohrschelle, 72-Millimeter-Okularauszug und Zwei-Zoll-Anschluss. Ebenfalls erhältlich ist ein neuer f/6-Reducer für die Fotografie.
www.intercon-spacetec.de

Astrografen von Astro Systeme Austria (ASA) sind absolute High-End-Geräte für die Astrofotografie (Foto rechts unten). Sie bestehen aus den hochwertigsten Komponenten, die zurzeit erhältlich sind. Die Teleskope bieten kompromissloses optisches Design; Primär- und Sekundärspiegel aus Sital-Glaskeramik stammen von der russischen Firma Lomo. Zusätzlich gibt es auch Optiken aus Suprax-Material.

Alle Teleskoptuben sind aus Sandwichkohlefaser hergestellt. Durch den Einsatz von Kohlefasern sind die Teleskope bis zu sechzig Prozent leichter und der Fokus bleibt lange Zeit temperaturstabil. Alle Aluminiumteile sind CNC-gefräst und eloxiert, Rohrschellen sind optional erhältlich.

Takahashi TSA 102 von Intercon Spacetec



Acht-Zoll-Astrograf von Astro Systeme Austria

Der Acht-Zoll-Astrograf N8 kostet mit einem Öffnungsverhältnis von f/2,2 4900,– € und mit einem Öffnungsverhältnis von f/3,8 4950,– €. Die zweite Version ist auch mit ASA-Optik für 4190,– € zu haben. Größere Geräte mit zehn und zwölf Zoll Öffnung sind ebenfalls verfügbar, genau wie Teleskope mit f/2,75 und f/3,8.
www.astrosysteme.at

Farb- und Neutralfilter in einem bietet der CC1 von Teleskop-Service (Foto S. 68, rechts unten). Er dient als variabler Graufilter mit einem Durchlass zwischen 15 und achtzig Prozent, außerdem lassen sich durch Drehen unterschiedliche Färbungen einstellen.

Als Dämpfglas hilft er Ihnen bei der Beobachtung des Monds, während die verschiedenen Farben Details auf den Planeten besser sichtbar machen. Als Blaufilter kann er den Farbfehler von Linsenteleskopen mindern.

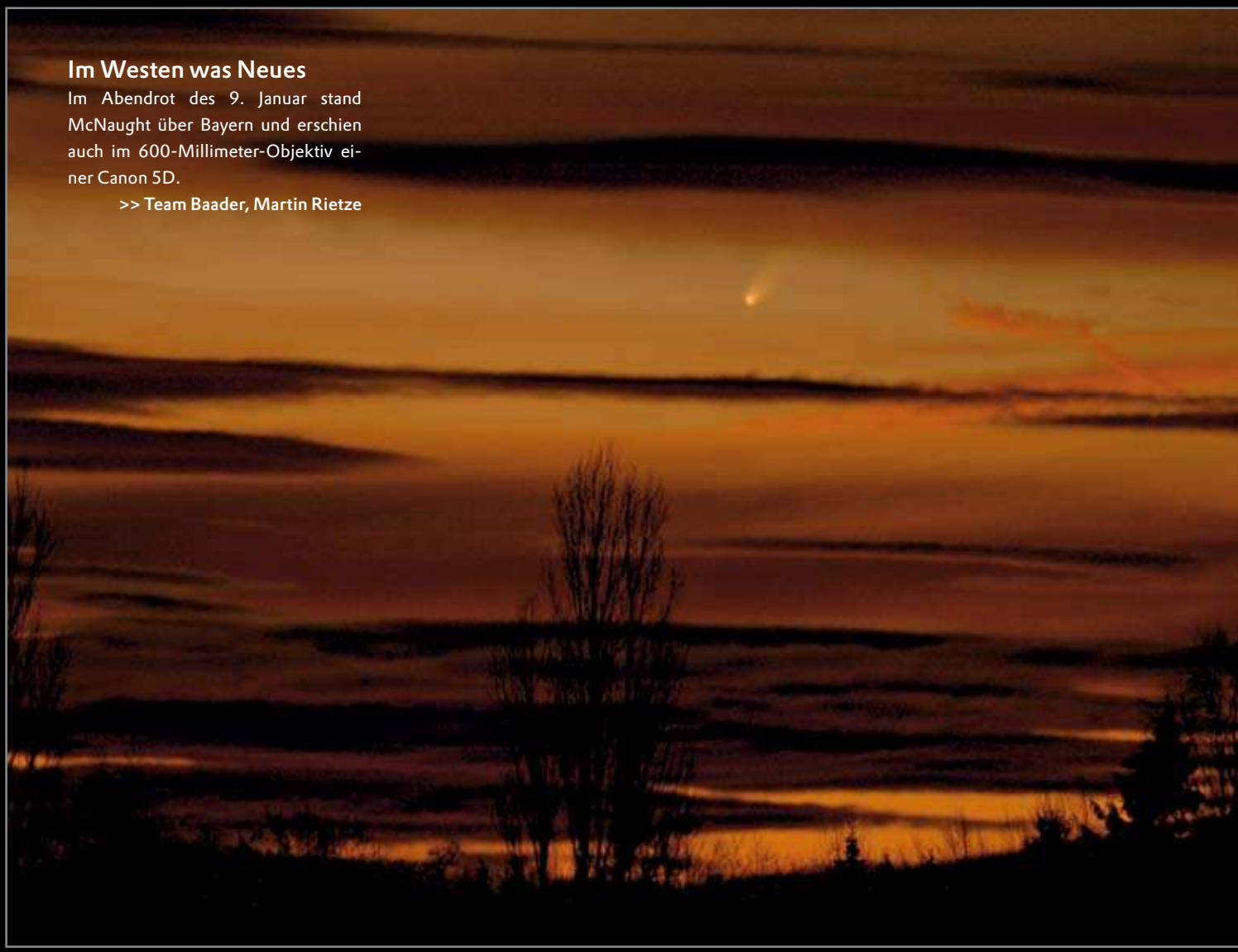
Da der CC1 wie ein üblicher 1¼-Zoll-Filter in die Okularhülse eingeschraubt wird, lässt er sich während der Beobachtung nicht anders einstellen – aber dafür müssen Sie auch keinen Filter mehr abschrauben. Er kostet 44,– €.
www.teleskop-service.de <<

Kurzes Gastspiel

Anfang Januar war der Komet C/2006 P1 (McNaught) einige Zeit am Himmel zu sehen – wenn das Wetter es zuließ. Mehreren unserer Leser gelang es, ihn abzulichten.

Zwischen den Wolken
Am 7. Januar lockerten die Wolken über dem Remstal kurzzeitig auf. Bei 200 Millimeter Brennweite genügte eine drittel Sekunde für dieses Foto.
>> Steffen Brückner

Dicht am Horizont
Das obere Bild vom 13. Januar besteht aus einer Addition von 24 Fotos, für das untere vom 10. Januar reichte eine Aufnahme. Als Optik diente jeweils ein 200 Millimeter-Teleobjektiv.
>> Silvia Kowollik (oben)
>> Martin Dietzel (unten)



Im Westen was Neues

Im Abendrot des 9. Januar stand McNaught über Bayern und erschien auch im 600-Millimeter-Objektiv einer Canon 5D.

>> Team Baader, Martin Rietze

Sogar bei Tag!

Der Komet war so hell, dass er sich auch am Taghimmel zeigte, wie hier am 13. Januar um 15 Uhr über Stuttgart.

>> Stefan Seip

Wechselhafter Mond

Der Anblick unseres Erdtrabanten ändert sich täglich, wie nicht nur unser Artikel auf S. 42 belegt, sondern auch diese Fotoserie.

>> Christoph Rollwagen

Lichtspektakel

Wie ein riesiges Polarlicht leuchtete der Schweif des (bereits untergegangenen) Kometen McNaught Mitte Januar über dem chilenischen Horizont. Auf dem Bild oben sind die beiden Magellanschen Wolken gut zu erkennen.

>> Wolf Harald Liebig

Rotlichtviertel

Die Gaswolken des Rosettennebels leuchten rot, was aber erst bei langer Belichtung deutlich wird – für dieses Bild waren vier Bilder à zehn Minuten nötig.

>> Ullrich Dittler

Überraschung in Chile

Die Teilnehmer unserer Leserreise in die Anden hatten bei ihrer Abfahrt keine Ahnung, dass sie auch die Gelegenheit zu einem beeindruckenden Blick auf McNaught erhalten würden.

>> Wolf Harald Liebig

Künstliche Satelliten

Am 21. Dezember huschten ein Spaceshuttle und die ISS vor die Linse eines 250/1300-Millimeter-Newtons, bei einer Belichtungszeit von 1/1000 Sekunde.

>> Martin Wagner

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste JPEG-Bilder, jedoch keine Download-Links, CDs oder Zip-Archive. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an. Abzüge und Diapositive können nur zurückgesandt werden, wenn ein frankierter Rückumschlag beiliegt.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Stichwort: Glanzlichter
Postfach 10 48 40 • 69038 Heidelberg • E-Mail: glanzlichter@astronomie-heute.de

Wie Riesenplaneten groß herauskommen

LINKS: TOBIAS KURTOK; ÜBRIGE (BEARBEITUNG): STEFAN SEIP

Auch in diesem Jahr ziehen Saturn und Jupiter die Blicke auf sich. Der Ringplanet stand bereits im Februar in Opposition, während sein größerer Nachbar in den nächsten Monaten immer besser zu sehen sein wird.

Die beste Methode, detailreiche Aufnahmen dieser Planeten zu gewinnen, ist die Verwendung einer Webcam oder einer digitalen Videokamera. Damit können Sie in kurzer Zeit möglichst viele Bilder aufnehmen, um diese anschließend im PC zu mitteln. So schlagen Sie der Luftunruhe ein Schnippchen. Keine andere Technik kann das besser. Der große Bildsensor digitaler Spiegelreflexkameras bietet bei der Planetenfotografie keinerlei Vorteile gegenüber den kleinen, schnellen Webcam-Chips.

Tobias Kurtok schickte mir ein Planetenvideo von Jupiter, das er mit einem »Orion Mak127« aufnahm, einem Maksutow-Cassegrain-Teleskop mit 127 Millimeter Öffnung und 1500 Millimeter Brennweite (f/11,8). Er benutzte eine Webcam vom Typ »Philips ToUCam« und nahm den Riesenplaneten vierzig Sekunden lang auf. Das Ergebnis ist zunächst eine Video-Datei im Avi-Format mit 172 Megabyte Größe, bestehend aus 391 Einzelbildern.

Das vorliegende Video entstand im Format 640×480 Pixel unter Verwendung der kompletten Chipfläche. Dabei ist der Planet ein relativ kleiner Punkt in der Bildmitte, eingebettet in viel schwarzen Himmel (Bild 1). Um diese Situation zu verbessern, sollten Sie Ihre Videos im Format 352×288 aufnehmen (Bild 2), bei dem ausschließlich der mittlere Bereich des Chips genutzt wird (Bild 3). Dadurch werden die Dateien kleiner und pro Sekunde können mehr Bilder zum Rechner übertragen werden.

Nun sollten Sie ausrechnen, welche effektive Brennweite die besten Ergebnisse liefert, da die Bildgröße mit ihr zunimmt. Ist die Brennweite zu kurz, wird das maximale Auflösungsvermögen des Teleskops nicht ausgenutzt. Ist sie dagegen zu lang, erscheint das Planetenscheibchen zwar größer, zeigt aber keine weiteren Details. Gleichzeitig wird das Bild dunkler, sodass Sie länger als eigentlich nötig belichten müssen. Beides sollte vermieden werden.

Die einfache Formel für den Nenner des gesuchten Öffnungsverhältnisses (also die Zahl hinter dem f/) lautet:

Durchmesser der Pixel in µm / 0,2805

Die Philips Webcam hat 5,4 Mikrometer große Pixel, die Formel liefert somit: 19,2 (gerundet: 20). Sie sollten also ein Öffnungsverhältnis von f/20 anstreben. Für das Orion Mak127 wäre also eine Brennweite von rund 2500 Millimetern wünschenswert. Mit einer Zweifach-Barlowlinse würden Sie 3000 Millimeter erreichen, was nahe genug am Idealwert ist.

Sammeln Sie so viele Einzelbilder wie möglich. Vierzig Sekunden Film sind zu wenig. Mehr als zwei bis drei Minuten sollten es bei Jupiter aber auch nicht sein, sonst stört die Planetenrotation. Steigern Sie eventuell die Bildrate auf bis zu zwanzig Aufnahmen pro Sekunde. Bei Saturn kann getrost etwas länger gefilmt werden.

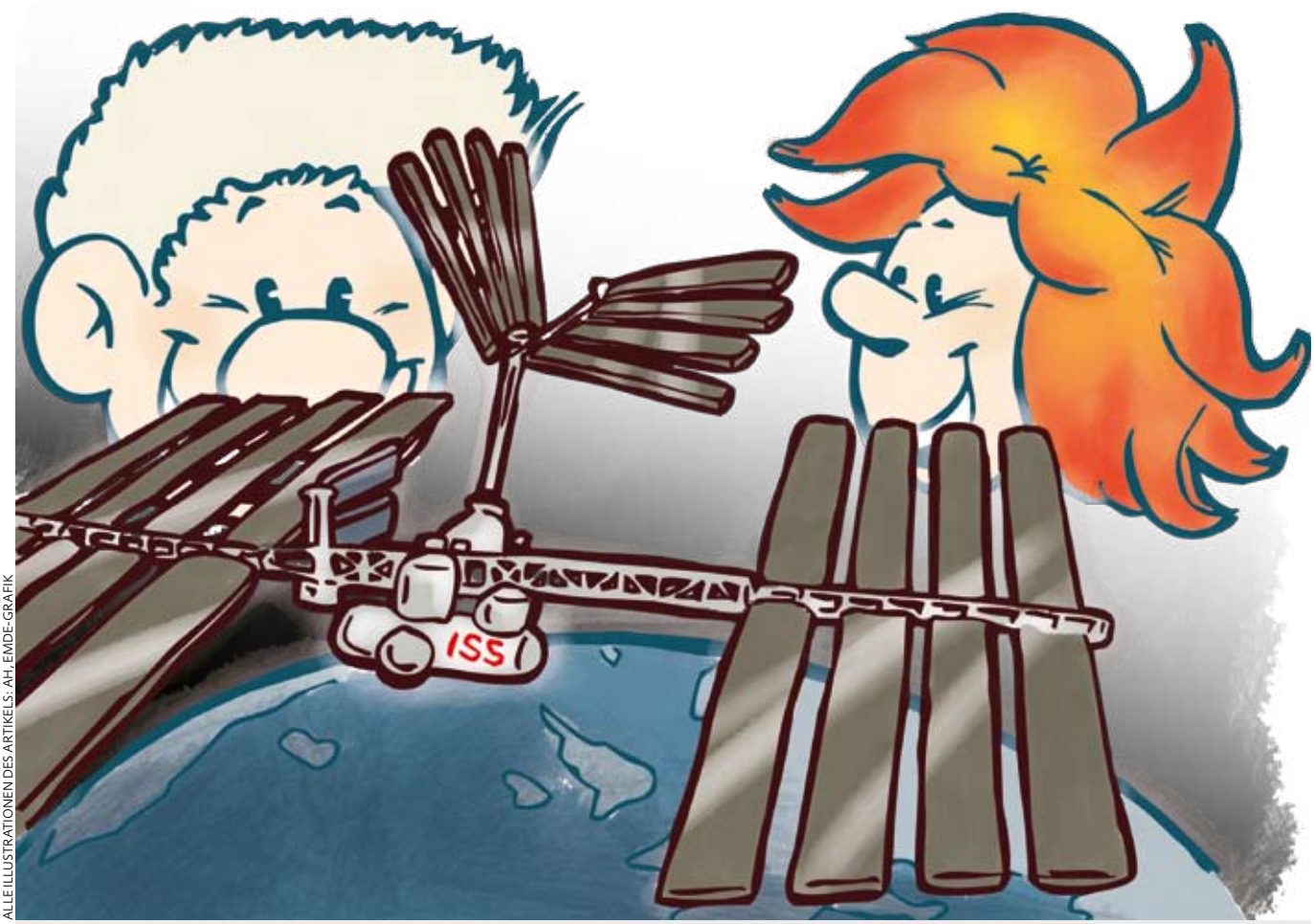
Ich verwendete die Freeware Giotto (www.videoastronomy.org), um aus dem Video automatisch die besten Bilder zu selektieren und zu addieren. Das Ergebnis kann sich sehen lassen (Bild 4). Bei Beachtung der genannten Tipps ist sogar ein noch besseres Ergebnis möglich. Dazu wünsche ich viel Erfolg! <<

Gute Planetenbilder brauchen zwar viele Aufnahmen, aber nicht viel Platz (1). Wenn Sie die Auflösung der Kamera verringern (2), bleibt Jupiter genauso groß – somit gehen keine Informationen verloren (3). Am Ende werden die besten Fotos gemittelt (4).

Fototipps vom Experten

Ein schönes Motiv – doch Ihr Bild ist nicht optimal geworden? Astrofotograf Stefan Seip gibt Ihnen Tipps, wie Ihre Fotos noch besser werden. Schicken Sie uns Ihre bearbeitete Aufnahme und das Rohbild zu!
redaktion@astronomie-heute.de

Stefan Seip



ALLE ILLUSTRATIONEN DES ARTIKELS: AH, EMDE-GRAFIK

Sonja und Lunic betrachten die Erde von der ISS aus.

Der schönste Planet: unsere Erde

>> Cecilia Scorza de Appl

»Wir haben bereits viel über Merkur, Venus und Mars – die Gesteinsplaneten unseres Sonnensystems – erfahren, nicht wahr, Sonja (AH 11/2006, 12/2006 und 1-2/2007)? Wollen wir nun eine Reise zu Jupiter und den anderen riesigen Gasplaneten unternehmen? Dort gibt es bestimmt viele spannende Dinge zu entdecken!«

»Sicher, Lunic. Aber vorher möchte ich noch einiges über unsere Erde erfahren. Nur weil wir auf ihr leben, heißt das nicht, dass wir schon alle ihre Geheimnisse kennen!«

»Stimmt, lass uns doch noch unseren eigenen Planeten erforschen! Wie können wir das denn machen? Und wo fangen wir an?«

»Am besten vergleichen wir die Erde mit den anderen Gesteinsplaneten und machen danach eine Reise zur Internationalen Raumstation ISS. Die ISS kreist in etwa 350 Kilometer Höhe um die Erde, und von dort oben können wir die ganze Welt betrachten!«

»Super Idee, Sonja! Unsere Erde ist ein besonderer Ort. Mit einem Radius von 6378 Kilometern ist sie der größte Gesteinsplanet des Sonnensystems! Weil sie ähnlich groß ist wie die Venus, wird sie auch die Zwillingsschwester der Venus genannt. Allerdings besitzt sie im Gegensatz zu unserem Nachbarplaneten einen eigenen Mond.«

»Und die Erde ist nicht so heiß wie die Venus, Lunic, sonst könnten wir ja gar nicht auf ihr leben!«

»Stimmt. Aber weißt du, warum die Temperaturen bei uns meistens angenehmer sind?«

»Hmm, bestimmt spielt der Abstand der Erde zur Sonne eine Rolle. Er beträgt knapp 150 Millionen Kilometer. Die Erde ist nicht so nah an der Sonne wie Merkur und auch nicht so weit von ihr weg wie der Gasplanet Jupiter.«

»Aber auch auf Venus und Mars hätte sich im Prinzip Leben entwickeln können, Sonja. Die beiden sind die unmittelbaren Nachbarn der Erde, und trotzdem gibt es dort kein Leben. Warum eigentlich?«

»Gute Frage. Auf der Venus waren die Vulkane sehr aktiv. Im Dezemberheft haben wir gesehen, dass die ganze Venusoberfläche vor nur 500 Millionen Jahren durch Lava komplett neu geformt wurde. Dazu kommen der hohe Kohlendioxidanteil in der Atmosphäre und die Schwefelsäurewolken, die den Planeten auf bis zu 500 Grad Celsius erwärmen!«

»Ja, stimmt, Sonja. Wenn es dort jemals Wasser gab, ist es mittlerweile völlig verdampft!«

»Auf dem Mars sucht man noch nach Wasser im Boden, Lunic. Man vermutet, dass es vor langer Zeit flüssiges Wasser auf der Marsoberfläche gab, weil man dort ausgetrocknete Flussbetten wie auf der Erde entdeckt hat. Aber ob es dort lange genug feucht war, sodass Leben entstehen konnte, ist bis heute noch nicht klar.«

»In Gegensatz dazu gibt es auf der Erde unheimlich viel Wasser. Aus dem Weltraum betrachtet leuchtet sie als blauer Planet im dunklen All. Denn die Ozeane bedecken siebzig Prozent ihrer Oberfläche.«

»Es sind die Wassermassen auf der Erde, Lunic, und auch die Atmosphäre, die die Sonnenwärme auf der Oberfläche verteilen.«

»Aber woher kommt so viel Wasser, Sonja? Und warum gibt es bei uns so viel und woanders so wenig oder gar keins?«

»Ich habe einmal einen Geologen gefragt, und der meinte, dass Vulkane neben anderen Gasen auch Wasserdampf ausspucken. Ein Teil des unterirdischen Wassers gelangte also vor hunderten Millionen von Jahren über die Vulkanausbrüche an die Erdoberfläche. Aber das allein scheint die riesigen Wassermen- >

So viel Wasser! Ob das alles die Asteroiden zur Erde getragen haben?

> gen nicht erklären zu können. Einige Astronomen, die sich mit der Entstehung der Planeten beschäftigen, meinen, dass ganz viele Asteroiden das Wasser auf die Erde gebracht haben.«

»Wie bitte? Asteroiden?«

»Ja, Lunic. Als die Planeten entstanden, gab es sehr viele davon. Sie schlugen dauernd auf der Erdoberfläche ein. Und weil sie nicht nur aus Gestein, sondern

Wasser ist ein wichtiges Element für die Entwicklung des Lebens

auch aus Wasser bestehen, wurden sie zu einer der wichtigsten Wasserquellen für die Erde. Aber ob das dafür genügte, dass sich so viel davon auf unserem Planeten ansammeln konnte, weiß niemand genau …«

»Da haben die Naturwissenschaftler noch einiges zu erforschen! Auf jeden Fall ist Wasser ein wichtiges Element für die Entwicklung des Lebens. Auf der Erde sind die ersten Lebewesen nämlich im Wasser entstanden.«

»Ja, und als die ersten Pflanzen und Algen auftauchten, fingen sie an, aus dem Kohlendioxid der Atmosphäre Sauerstoff zu erzeugen.«

»Aber es gibt doch auf der Erde auch Gegenden wie die Atacamawüste in Chile, in der es seit fünfzig Jahren nicht mehr geregnet hat. Meinst du, dass es dort auch Leben gibt?«

»Ich glaube, ja. Die Biologen staunen immer wieder, wie widerstandsfähig das Leben auf der Erde ist. Nicht nur in der Wüste, wo es bis zu fünfzig Grad heiß ist, sondern auch in Gegenden mit eisigen Temperaturen gibt es Lebewesen!«

»Und deswegen machen sich die Astronomen so viel Hoffnung, dass es auch woanders Leben geben kann.«

»Wo? Hier in unserem Sonnensystem, Lunic?«

»Ja, vielleicht. Es gibt einen Jupitermond, auf dem Wasser gefunden wurde. Er heißt Europa und ist eis-

Beweisen, dass die Erde rund ist

Sonja und Lunic betrachten unseren Planeten von der ISS aus und haben nun keine Zweifel mehr daran, dass die Erde rund ist. Doch wie konnten die Menschen etwas über die Kugelform der Erde wissen, lange bevor es die Raumfahrt gab?

Der Erste, der an die Kugelform glaubte, war der griechische Philosoph Aristoteles 300 Jahre v. Chr.! Er beobachtete, dass bei einem Schiff die unteren Teile und schließlich auch die Spitze des Mastes scheinbar allmählich hinter dem Horizont »versinken«, wenn das Boot aufs Meer hinausfährt. Aristoteles bemerkte auch, dass der Schatten rund ist, den die Erde während einer Mondfinsternis auf den Mond wirft!

Was braucht ihr?

- Papier
- Schere
- Klebeband
- Zahnstocher
- einen großen Ball

a. Bastelt zwei Fähnchen aus Zahnstochern und Papier. Bewegt eines davon auf einem flachen Tisch immer weiter von euch weg. Was seht ihr? Was passiert mit dem Fähnchen?

b. Nun stellt das andere vor euch auf den Ball und bewegt es langsam von euch weg. Könnt ihr noch das ganze Fähnchen sehen, wenn ihr es nach hinten über den Ball bewegt?

Eine Mondfinsternis am 3. März 2007!

Am 3. März 2007 gibt es eine totale Mondfinsternis. Dabei wird sich der Mond in den Schatten der Erde schieben. Genau um 22.30 Uhr tritt der Mond zum ersten Mal in den Schatten der Erde. Gegen 23.30 Uhr könnt ihr die Rundform des Erdschattens auf dem Mond sehen. Um 0.30 Uhr wird der verfinsterte Begleiter unseres Planeten dann ganz rot. Und das Beste: Weil diese Mondfinsternis an einem Samstag stattfindet, könnt ihr am nächsten Tag sogar lange ausschlafen!

kalt. Aber auch auf den so genannten Exoplaneten (AH 11/2005, S. 36, und AH 4/2006, S. 18), die andere Sterne umkreisen, könnte es Leben geben.«

»Mag sein, Lunic. Aber sie sind sehr weit weg … Auf jeden Fall haben wir es gut hier auf der Erde. Schade, dass sich so viele Menschen dessen nicht bewusst sind und Luft und Boden so sehr verschmutzen. Damit das nicht so weitergeht, müssen die Menschen auf allen Kontinenten etwas dagegen tun. Wir hier in Europa müssen zum Beispiel die Abgase unserer Fabriken reduzieren. Die Menschen müssen darauf achten, dass im Amazonasgebiet nicht so viele Bäume gefällt und Wasserquellen verschmutzt werden. Und auch die vielen Millionen Bewohner Asiens sollten an ihre Umwelt denken.«

»Inzwischen leben mehr als sechs Milliarden Menschen auf der Erde. Wir alle sollten gemeinsam gut auf unseren Heimatplaneten aufpassen! Die Menschen verhalten sich zurzeit oft so, als ob die schöne Erde alles ertragen konnte. Wenn unser Heimatplanet vor lauter Schmerzen schreien könnte, wären wir alle taub, Sonja!«

»Ja, es gibt sogar noch Menschen, die nicht glauben wollen, dass sich die Erdatmosphäre durch die vielen Treibhausgase immer stärker erwärmt. Tatsächlich ist das Eis am Nordpol aber in den vergangenen zwei Jahrzehnten um etwa zwanzig Prozent zurückgegangen. Jetzt sind sogar die Eisbären vom Aussterben bedroht.«

»Da bleibt uns nichts anderes übrig, als Umweltgruppen oder AGs in unseren Schulen zu organisieren und so viele Leute wie möglich anzusprechen! Wozu müssen wir denn so viel Energie verbrauchen? Wir sollten alle ein bisschen bewusster damit umgehen, und mit den vielen Rohstoffen, die uns die Erde schenkt. Wir brauchen unseren Planeten ja noch eine Weile. Aber jetzt möchte ich die Weltkugel mal von weit entfernt betrachten.«

»Dann lass uns nach Kasachstan reisen. Das ist ein Nachbarstaat von Russland. Von dort aus können wir mit einer Sojus-Trägerrakete zur ISS starten.« <<

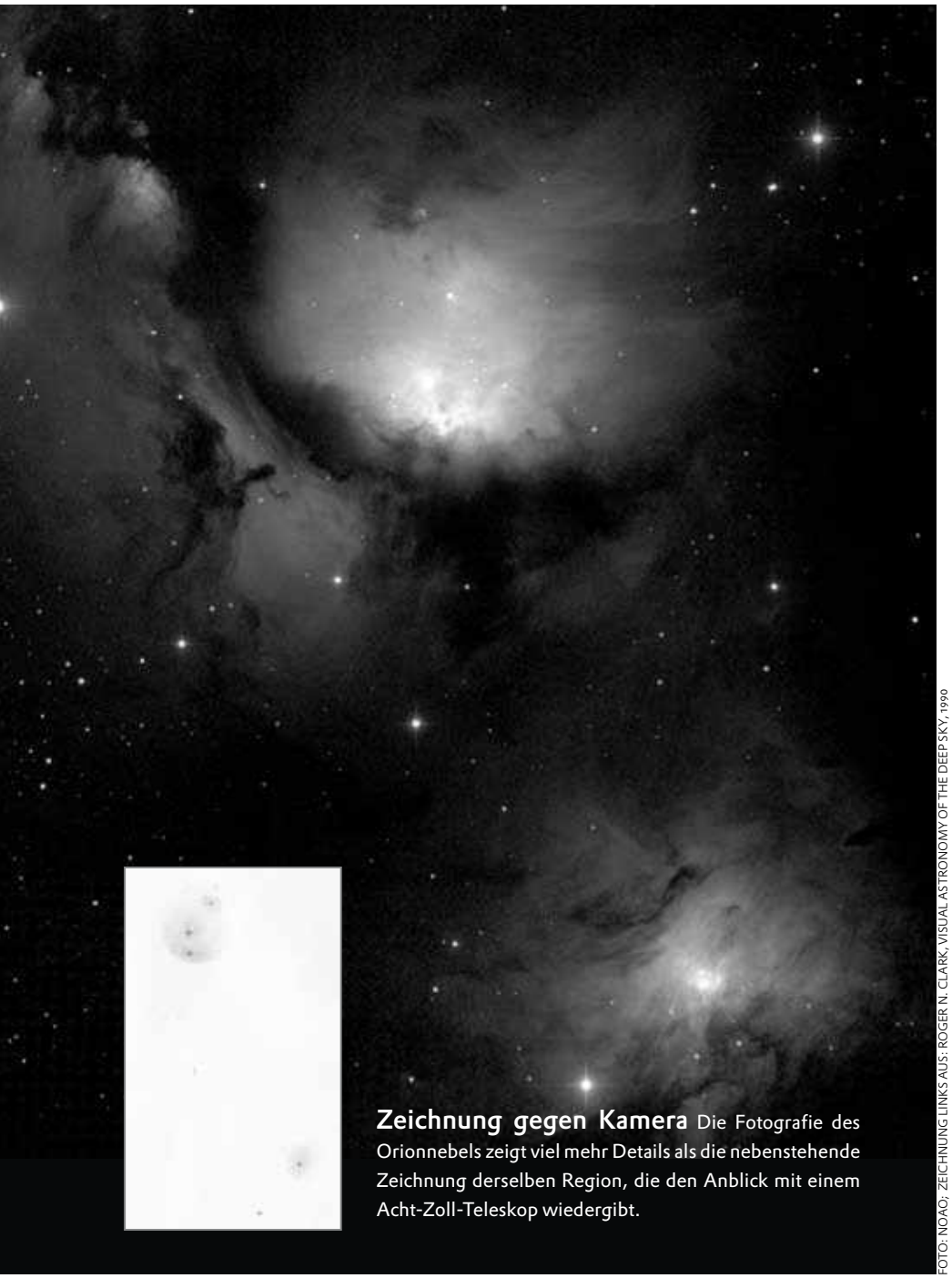
Spielt doch einfach nach, was der alte Aristoteles vor mehr als zweitausend Jahren beobachtet hat!

TIPPS

Blick ins tiefe Universum

Schwach leuchtende Galaxien und Nebel bieten im Teleskop einen völlig anderen Anblick als auf lang belichteten Fotografien.

>> Alan R. MacRobert



Zeichnung gegen Kamera Die Fotografie des Orionnebels zeigt viel mehr Details als die nebenstehende Zeichnung derselben Region, die den Anblick mit einem Acht-Zoll-Teleskop wiedergibt.

FOTO: NOAO; ZEICHNUNG LINKS AUS: ROGER N. CLARK, VISUAL ASTRONOMY OF THE DEEP SKY, 1990

Sie stehen mit Ihrem neuen Fernrohr unter dem Nachthimmel und betrachten einige helle Himmelsobjekte: Saturn, den Mond und eine Reihe beeindruckender Doppelsterne wie etwa Mizar im Großen Wagen. Vom Erfolg beflügelt, schauen Sie tiefer und tiefer ins All. Schließlich versuchen Sie sich an einer nur schwach schimmernden Galaxie oder einem der zahlreichen Nebel, die in Bildbänden immer so schön anzuschauen sind. Mit Hilfe Ihrer Sternkarte richten Sie das Teleskop akkurat aus. Sie sind sich ganz sicher, dass Sie es auf die korrekte Himmelsregion eingestellt haben.

Nun der Blick durch das Okular – und was sehen Sie? Wahrscheinlich weniger, als Sie erwartet haben. Aber auch mehr, als es der erste, enttäuschende Eindruck glauben macht.

Sagen wir, Sie haben M 101 angepeilt, eine riesige Spiralgalaxie nahe der Deichsel des Großen Wagens. Im Okular werden Sie mit etwas Glück einen sehr unauffälligen, leicht gräulichen Fleck sehen, der zwischen den Sternen schwebt. Möglicherweise ist er so dezent, dass Sie ihn nur zeitweise wahrnehmen können. Obwohl schon die Tatsache, ihn gefunden zu haben, ein gewisses Zufriedenheitsgefühl aufkommen lassen sollte, fragen die meisten Anfänger an dieser Stelle frustriert: »Ist das alles?«

Nicht verzagen! Sie müssen bedenken, dass das menschliche Auge in der Dunkelheit nicht besonders gut funktioniert. Bei extrem geringen Lichtstärken ist es nicht annähernd so leistungsfähig wie eine Kamera, die das Licht über einen längeren Zeitraum hinweg sammeln kann. Wir sind an das Leben unter der prallen Sonne angepasst. Unsere Augen sind nicht darauf spezialisiert, schwach leuchtende Objekte im fernen Univer-

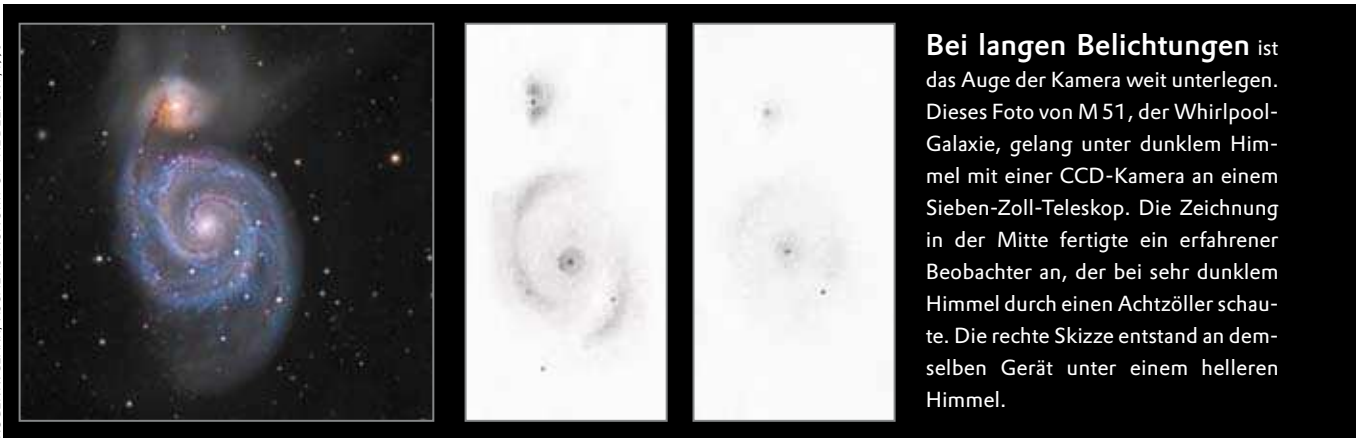


FOTO: SEAN WALKER; ZEICHNUNGEN RECHTS AUS: ROGER N. CLARK, VISUAL ASTRONOMY OF THE DEEP SKY, 1990

Bei langen Belichtungen ist das Auge der Kamera weit unterlegen. Dieses Foto von M 51, der Whirlpool-Galaxie, gelang unter dunklem Himmel mit einer CCD-Kamera an einem Sieben-Zoll-Teleskop. Die Zeichnung in der Mitte fertigte ein erfahrener Beobachter an, der bei sehr dunklem Himmel durch einen Achtzöller schaute. Die rechte Skizze entstand an demselben Gerät unter einem helleren Himmel.

sum zu erspähen. Wenn Sie eine Galaxie durchs Okular betrachten, werden Sie nie den gleichen Anblick wie auf großformatigen Fotos haben.

Aber genau hier liegt die Herausforderung. Viele Deep-Sky-Objekte – also alles außerhalb des Sonnensystems wie Nebel, Sternhaufen und Galaxien – enthüllen eine überraschende Vielfalt an Details, wenn man nur lange und gründlich genug hinschaut. Hunderte dieser geisterhaften Erscheinungen geben faszinierende und lohnende Ziele ab – selbst für mittelgroße Teleskope.

Bei der Betrachtung des Monds oder der Planeten muss ein Fernrohr andere Aufgaben erfüllen als bei der Jagd nach Deep-Sky-Objekten. Während es helle Himmelskörper, die relativ nahe an der Erde stehen, vergrößern soll, besteht bei Zielen außerhalb des Sonnensystems seine Hauptfunktion darin, Licht zu sammeln. Gasnebel oder Galaxien sind nicht deshalb so schwer zu erblicken, weil sie extrem klein sind, sondern weil sie nur schwach leuchten.

Öffnung ist (fast) alles!

Daraus folgt: Je mehr Licht Ihr Teleskop sammelt, desto erfolgreicher können Sie damit ins ferne Universum schauen. Denn die Öffnung entspricht dem Durchmesser des Objektivs (bei Refraktoren) beziehungsweise des Hauptspiegels (bei Reflektoren) und bestimmt darüber, wie viel Licht in den Tubus und damit letztlich in Ihr Auge fällt. Aber das ist nicht das Einzige, was Sie beeinflussen können. Es gibt ein paar Tricks, die Ihnen helfen, Ihren Nachtblick zu trainieren.

Das größte Ärgernis für Astronomen ist die Lichtverschmutzung – jener künstliche, kilometerweit sichtbare Schimmer, der zum Beispiel über Städten auftritt. Sein diffuser Schein überstrahlt vor allem schwach leuchtende und großflächige Strukturen am Nachthimmel. Die lichtschwachen Deep-Sky-Objekte stehen ja jenseits, also »hinter« der hell beleuchteten Atmosphäre. Ein wirklich dunkler Himmel ist für die Beobachtung deshalb mindestens so wichtig wie eine große Teleskopöffnung. Aber auch, wenn Sie in einer stark lichtverschmutzten Gegend leben, können Sie erkunden, was sich durch die Lichtglocke noch erkennen lässt. Manch einer hat die Messier-Objekte schon vom Dach eines Hochhauses mitten in der City beobachtet. Versuchen Sie es einfach mal – und genieren Sie sich nicht, »zweitklassige« Beobachtungen zu machen. Ein Tipp: Die Lichtverschmutzung nimmt gegen Mitternacht meist etwas ab, da dann etliche Straßenlampen verlöschen. Später beobachtet ist häufig besser beobachtet.

Als Nächstes: Je steiler Sie emporschauen, desto dunkler wird gewöhnlich der Himmel. Planen Sie Ihre Beobachtungen deshalb so, dass Sie vor allem solche Objekte ins Visier nehmen, die hoch über Ihnen stehen, also in Zenitnähe.

Achten Sie auch auf den Himmel vor Sonnenuntergang. Je tiefer und reiner sein Blau erscheint, desto klarer und dunkler wird in der Regel der nächtliche Himmelshintergrund sein.

Das Mondlicht behindert die Deep-Sky-Beobachtung ebenfalls, es wirkt sich ähnlich aus wie die künstliche Lichtverschmutzung. Wann immer der helle Erdtrabant am Himmel steht, widmen Sie sich lieber der Beobachtung der Planeten, der Doppelsterne oder des Monds selbst, anstatt in die Tiefen des Alls zu spähen.

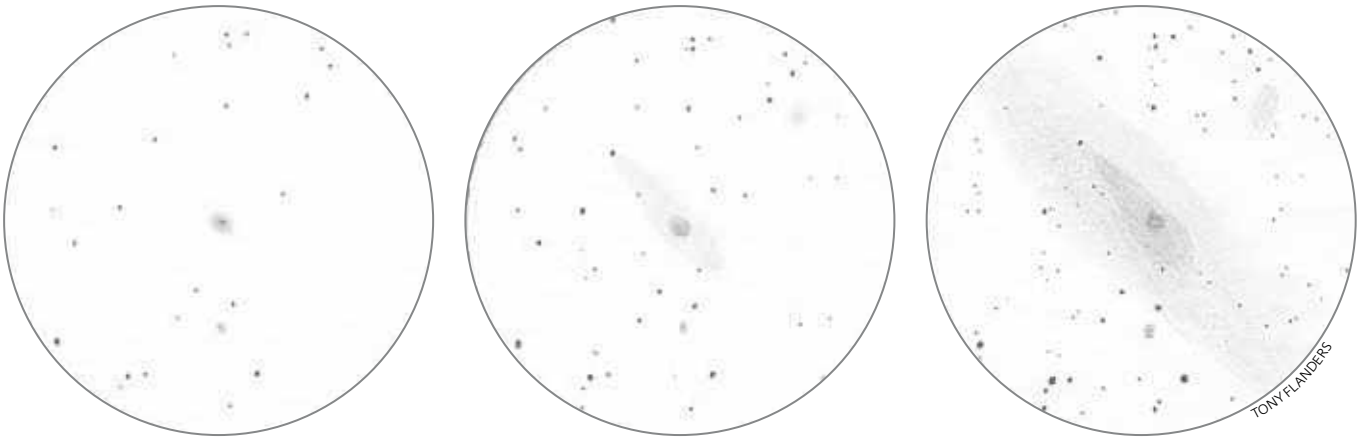
Das menschliche Auge braucht außerdem Zeit, um sich an die Dunkelheit zu gewöhnen. Zwar vergrößern sich die Pupillen innerhalb weniger Sekunden auf maximale Öffnung, sobald Sie sich in die Finsternis begeben. Aber weitaus wichtiger für die Dunkeladaption sind bestimmte biochemische Veränderungen in der Netzhaut – und diese benötigen mehrere Minuten (siehe AH 1-2/2005, S. 70).

Im Dunkel der Nacht

Nach einer Viertelstunde in tiefer Nachtschwärze denken Sie vielleicht, dass sich Ihre Augen nun voll angepasst haben. Ein Irrtum. Innerhalb weiterer fünfzehn Minuten Wartezeit erhöht sich bei manchen Personen die Empfindlichkeit des Sehsinns noch einmal um den Faktor sechs! Dann aber ist das Optimum annähernd erreicht, anschließend verbessert sich das Nachtsehen nur noch wenig. Wenn Sie Deep-Sky-Objekte beobachten, sollten Sie Ihren Augen also etwa eine halbe Stunde gönnen, damit sich diese optimal an die Finsternis anpassen können.

Eine perfekte Dunkeladaption ist dennoch unmöglich. Selbst wenn es an Ihrem Beobachtungsort keine Lichtverschmutzung gibt, benötigen Sie doch ein Minimum an Licht, um zu sehen, was Sie tun – etwa wenn Sie das Teleskop einstellen oder einen Blick auf die Sternkarte werfen. Astronomen benutzen beim Beobachten für die Arbeiten am Teleskop häufig Rotlichtlampen, da diese die Dunkeladaption am wenigsten beeinträchtigen. Sie können sich so eine Lampe selbst bauen, indem Sie eine normale Taschenlampe mit rotem Papier oder roter Plastikfolie umwickeln. Wesentlich besser ist allerdings eine rote Leuchtdiode (LED), da diese ein sehr reines tiefrotes Licht abstrahlt.

Eine weitere Möglichkeit, um die Dunkeladaption zu bewahren, besteht darin, nur mit einem Auge zu beobachten und >



Dreimal Andromedanebel
bei unterschiedlicher Lichtverschmutzung. Ein erfahrener Beobachter zeichnete ihn bei dreißigfacher Vergrößerung und immer mit demselben Siebzig-Millimeter-Teleskop.

> mit dem anderen Auge jene Handgriffe vorzunehmen, die Beleuchtung erfordern. Halten Sie Ihr Beobachtungsauge stets geschlossen oder decken Sie es wie ein Pirat mit einer Klappe ab, sobald Sie Licht benötigen. Zugegeben: Das sieht etwas albern aus, aber es funktioniert. Und im Dunklen wird Sie kaum jemand sehen, oder?

Wenn Sie ein Objekt direkt anblicken, dann fällt sein Abbild auf Ihre Sehgrube, eine zentrale Einsenkung in der Netzhaut, die dem Bereich des schärfsten (Tag-)Sehens entspricht. Diese Stelle hat beim Menschen einen Durchmesser von etwa 1,5 Millimetern und enthält fast nur solche Sinneszellen, die auf Tageslicht spezialisiert sind. Die Sehgrube ist somit darauf optimiert, eine stark beleuchtete Umgebung abzubilden. Tagsüber, wenn es für gewöhnlich am hellsten ist, erzielen Sie also die größte Sehschärfe, wenn Sie Dinge direkt anblicken.

Anders bei Nacht. In der Dunkelheit ist die Sehgrube so gut wie blind, weil die in ihr enthaltenen Sinneszellen kaum auf Dämmerlicht ansprechen. Sinneszellen, die auf schwache Beleuchtung spezialisiert sind, finden sich vor allem außerhalb der Sehgrube. Daraus ergibt sich eine merkwürdige Konsequenz: Um Dinge in der Dämmerung oder bei Nacht möglichst gut wahrzunehmen, müssen Sie ein wenig daran vorbeiblicken. Dadurch fällt ihr Abbild neben die Sehgrube und damit auf jene Netzhautbereiche, die auf Dämmerlicht ausgelegt sind. Sie können das selbst probieren: Schauen Sie zuerst direkt auf einen schwach schimmernden Stern und Sie werden ihn nicht mehr wahrnehmen. Blicken Sie aber anschließend ein wenig daneben, erscheint er wieder. Diese Methode heißt indirektes Sehen.

Beim Betrachten von Deep-Sky-Objekten ist es also hilfreich, immer auf jene Objekte zu achten, die ein wenig außerhalb des Zentrums Ihres Gesichtsfelds liegen. Tatsächlich nutzen Sternfreunde diese Technik fast ausschließlich, wenn sie in den fernen Tiefen des Alls jagen. Wie weit sollte man aber daneben schauen? Das müssen Sie selbst testen. Zu wenig daneben und Sie können nicht vollständig von dem Effekt profitieren. Zu weit daneben und Sie werden keine Details mehr erkennen können.

Richtig sehen will gelernt sein

Die Randbereiche der Netzhaut sind nicht nur auf Dämmerlicht spezialisiert, sie sprechen auch sehr empfindlich auf Bewegungen an. Manchmal können Sie eine schwach leuchtende Galaxie oder einen Nebel viel besser erkennen, wenn Sie Ihr Teleskop ein bisschen anschubsen. Sobald es wieder zur Ruhe kommt, verschwindet auch das Objekt.

Oft wird behauptet, dass eine niedrige Vergrößerung für das Beobachten von Deep-Sky-Objekten besser ist als eine hohe. In der Tat: Bei geringen Vergrößerungen ist das Abbild im Auge kleiner, damit verteilt sich die Helligkeit auf eine kleinere Fläche. Dennoch sind kleine Vergrößerungsstufen häufig wenig hilfreich. Mittlere oder sogar starke Vergrößerungen funktionieren bei etlichen lichtschwachen Deep-Sky-Objekten besser. Der Grund: Das Auge verliert bei schwacher Beleuchtung an Auflösungsvermögen und kann feine Details nur bei hoher Vergrößerung wahrnehmen. Daher können Sie zum Beispiel nachts keine Zeitung lesen – obwohl Sie sie ohne Weiteres sehen können und Ihre große Pupillenöffnung die Schrift theoretisch viel besser auflösen kann als tagsüber. Sehr dunkle Objekte kann das Auge erst bei hohen Vergrößerungen detailreich erkennen, obwohl deren Flächenhelligkeit dann geringer ist. Sie müssen hier also einen Kompromiss zwischen Auflösung und Bildhelligkeit finden.

Natürlich sollten Sie sich auch darüber im Klaren sein, wie groß Ihr Gesichtsfeld ist und wie ausgedehnt das Objekt, das Sie beobachten – bei einem bildfüllenden Sternhaufen geht der Haufeneindruck verloren. Zum Abschätzen des Gesichtsfelds können Sie den Mond verwenden: Er hat etwa einen Durchmesser von einem halben Grad.

Was bedeutet das aber nun für Sie als Beobachter? Vor allem, dass Sie bei jedem betrachteten Objekt verschiedene Vergrößerungen ausprobieren sollten. Manchmal ist es wirklich überraschend, wie viel mehr man bei einer bestimmten Vergrößerungsstufe sieht, verglichen mit einer anderen. Der Kauf eines guten Zoomokulars kann eine Überlegung wert sein. Vielleicht winken Sie jetzt ab und sagen, Zoomokulare genießen den zweifelhaften Ruf von zusammengeschusterten Kompromiss-Konstruktionen mit einer lausigen Optik. Auf billige Exemplare trifft das auch tatsächlich zu. Aber solche mit Topqualität bieten eine hervorragende Leistung. Ein wirklich gutes Zoomokular kostet allerdings gut und gern so viel wie ein kleiner Okularsatz, deckt eventuell aber nur einen recht kleinen Vergrößerungsbereich ab.

Beim Betrachten von Gasnebeln können spezielle Nebelfilter eine große Hilfe sein. Sie blockieren nahezu alles Licht außer jenen Wellenlängen, die von interstellaren Gaswolken emittiert werden.

Jeder Deep-Sky-Beobachter, selbst wenn er ein automatisches Go-to-Teleskop benutzt, sollte sich eine detaillierte Sternkarte anschaffen (siehe Kasten). Eine Computersteuerung ist meist nicht präzise genug, um das Ziel genau in der Mitte des Gesichtsfelds zu positionieren. Falls das Teleskop sich »verfährt«, wissen Sie im schlimmsten Fall nicht einmal, warum Sie nichts sehen – ist das Objekt zu schwach oder steht es überhaupt nicht im Gesichtsfeld? Wenn Sie ganz exakt wissen, wohin Sie sehen müssen, können Sie wesentlich mehr erkennen, als wenn Sie sich dessen nicht so sicher sind! »Ortskundige« Beobachter können noch Objekte wahrnehmen, die weniger als halb so hell sind wie jene, die Neulinge gerade noch erspähen – das ist so, als würde man die Öffnung des Teleskops um vierzig bis fünfzig Prozent erhöhen!

Statt einer Sternkarte können Sie auch einen tragbaren Computer einsetzen, der Ihnen beliebige Sternkarten liefert. Aber Vorsicht: Der Bildschirm leuchtet überraschend hell. Nutzen Sie die Nachtsichtfunktion, die Sternkartenprogramme anbieten, um den Bildschirm rot einzufärben, oder decken Sie den Bildschirm mit roter Zellophanfolie ab, um Ihre Dunkeladaption zu bewahren.

Noch ein Hinweis: Wenn Sie Ihre Aufmerksamkeit voll auf ein Deep-Sky-Objekt richten, das Sie gerade noch erkennen können, passiert es Ihnen dann manchmal, dass Sie es nach zehn oder fünfzehn Sekunden immer schlechter erkennen können? Und dass sich das Schwarz des Himmelshintergrunds in ein dunkles Grau verwandelt? Falls ja: Sie halten unbewusst die Luft an! Ein niedriger Sauerstoffgehalt im Blut verschlechtert die Nachtsicht rapide. Ein alter Trick besteht darin, vor dem Blick auf die schwächsten Objekte 15 Sekunden lang tief ein- und auszuatmen. Und: Atmen Sie weiter, während Sie durchs Okular schauen.

Anhaltendes grelles Sonnenlicht bewirkt ebenfalls, dass sich die Dunkeladaption Ihrer Augen verschlechtert. Diese Wirkung bleibt einige Tage lang bestehen. Wenn Sie nachts also möglichst erfolgreich beobachten möchten, sollten Sie tagsüber eine Sonnenbrille tragen. Vergewissern Sie sich, dass diese sowohl UV-A als auch UV-B herausfiltert. Im Lauf der Jahre führt Tageslicht – besonders sein Ultraviolettanteil – dazu, dass Netzhaut und Augenlinse schneller altern. Dadurch vermindert sich Ihre Sehleistung und die Wahrscheinlichkeit von degenerativen Erkrankungen wie Linsentrübungen steigt. Wenn Sie eine Brille tragen, sollten Sie deren Gläser auf jeden Fall mit einer UV-absorbierenden Beschichtung versehen lassen.

Praktische Tipps

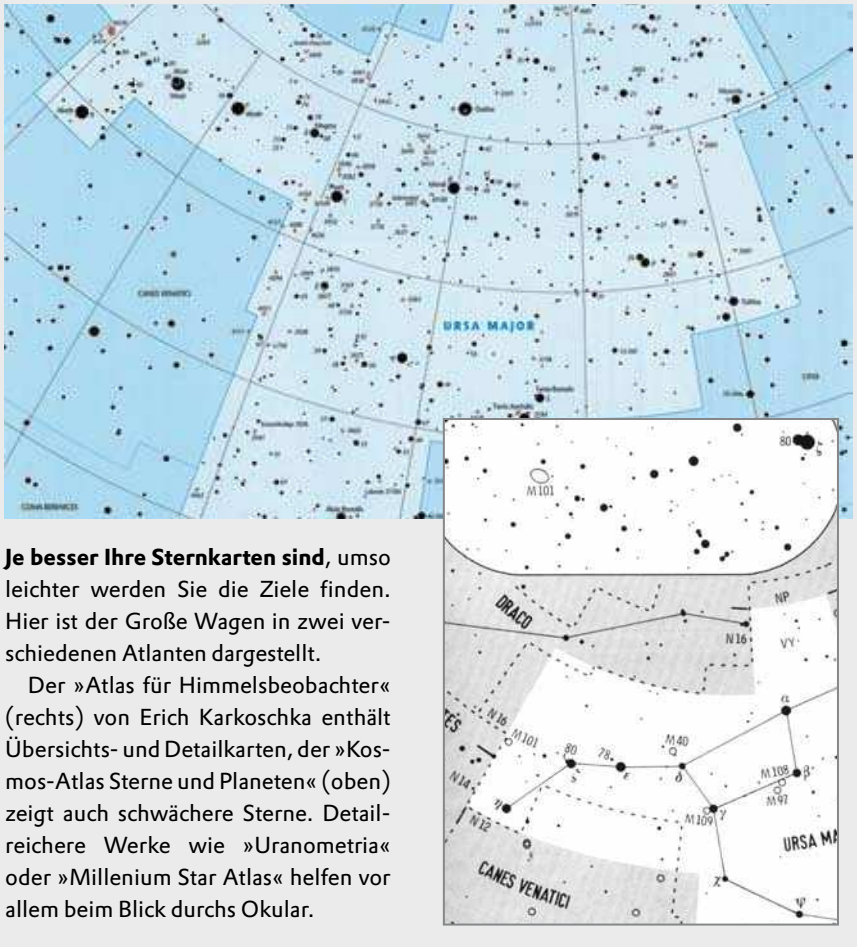
Brillengläser aus Polykarbonaten blockieren das UV-Licht und benötigen keine spezielle Beschichtung dafür. Brillenträger können stattdessen eine antireflektierende Beschichtung auftragen lassen – sehr empfehlenswert für Sterngucker.

Am wichtigsten aber: Seien Sie geduldig! Geben Sie nicht gleich auf, wenn Sie keinen Sternhaufen, keinen Nebel oder keine Galaxie an der Stelle erblicken, wo diese eigentlich stehen sollten. Sie werden überrascht sein, was im Lauf der Zeit so nach und nach auftaucht, je länger Sie hinschauen. Erst ein schwach leuchtender Stern, dann noch einer – und schließlich vielleicht das Objekt der Begierde. Wenn Sie den Dreh erst mal raushaben, wird es für Sie kein Halten mehr geben. Vielleicht entdecken Sie Ihr Ziel schon nach wenigen Minuten, obwohl Sie am Anfang glaubten, in dieser Himmelsregion sei nichts als gähnende Leere.

Ihre nächtliche Sehkraft auszureizen ist einfach eine Frage der Übung. »Man darf nicht erwarten, beim ersten Hinschauen etwas zu sehen«, schrieb der berühmte Astronom William Herschel. »Sehen ist in mancherlei Hinsicht eine Kunst, die erlernt werden muss. Viele Nächte lang habe ich diese Kunst geübt, und es wäre seltsam, wenn jemand bei solch beständiger Schulung nicht eine gewisse Fertigkeit erlangen würde.« <<

Alan R. MacRobert erforscht den Nachthimmel mit einem 32-Zentimeter-Newton.

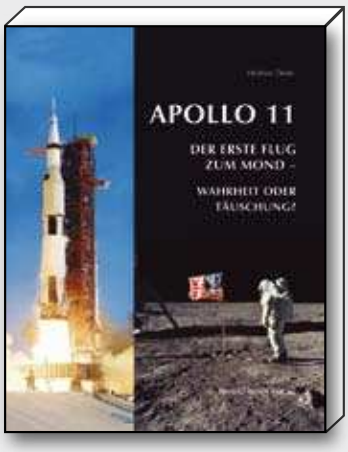
Sternkarten für jeden Zweck



Je besser Ihre Sternkarten sind, umso leichter werden Sie die Ziele finden. Hier ist der Große Wagen in zwei verschiedenen Atlanten dargestellt.

Der »Atlas für Himmelsbeobachter« (rechts) von Erich Karkoschka enthält Übersichts- und Detailkarten, der »Kosmos-Atlas Sterne und Planeten« (oben) zeigt auch schwächere Sterne. Detailreichere Werke wie »Uranometria« oder »Millenium Star Atlas« helfen vor allem beim Blick durchs Okular.

MIT FRDL. GEN. DES KOSMOS-VERLAGS, OBEN AUS: DUNLOP ET AL., KOSMOS-ATLAS STERNE UND PLANETEN, 2005, S. 149; UNTEN AUS: E. KARKOSCHKA, ATLAS FÜR HIMMELSBEOBACHTER, 4. AUFL. 2004, S. 33



Helmut Dette
Apollo 11
Der erste Flug zum Mond – Wahrheit oder Täuschung?

Michael Imhof Verlag, Petersberg 2006
120 Seiten, 110 Farbbilder
ISBN 3-86-568-120-4
19,95 €

Alle rezensierten Bücher, CD-ROMs und DVDs können Sie in unserem Science-Shop bestellen.

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

Apollo aufgewärmt

Ein Jahr nach seiner historischen Mondfahrt reiste Neil Armstrong im Sommer 1970 durch Deutschland. Der erste Mondspaziergänger, selbst begeisterter Segelflieger, besuchte Segelflug-Enthusiasten auf der Rhöner Wasserkuppe. Mehrere Städte lagen auf Armstrongs Reiseroute, darunter Frankfurt und Bremen. Es ist ein Verdienst von Helmut Dettes »Apollo 11: Der erste Flug zum Mond«, an diesen heute kaum noch bekannten Besuch zu erinnern. Doch findet sich außer diesem Kapitel leider wenig Überraschendes darin. Dette hat sich auf die Fahnen geschrieben, über Apollo aufzuklären – ein ehrenwertes Unterfangen. Doch bleibt er hierbei viel zu lange bei sattsam in der Literatur abgehandelten Details des Raumflugabenteuers. Sein Untertitel »Wahrheit oder Täuschung?« zielt auf die Debatte, die TV-Machwerke wie »Akte Apollo« ausgelöst haben. Anhänger einer Verschwörungstheorie zweifeln darin die Echtheit der Mondflüge an. Hier findet der Leser tatsächlich Neues, jedoch widmet Dette nur rund ein Viertel seines Werks diesen Argumenten.

Insgesamt misslingt es ihm, seine eigene Faszination in Sachen Mondfahrt zu einem gut lesbaren Buch zu verdichten. Über weite Strecken kommt es wie eine farbig bebilderte Seminararbeit daher. Die überflüssige, zweisprachig abgedruckte Papstrede anlässlich einer Audienz der Apollo-11-Crew bei Paul VI. ist symptomatisch. Eingefleischte Sammler von Raumfahrtliteratur werden den Band womöglich trotzdem kaufen, denn immerhin finden sich darin einige neue Aspekte zur Apollo-Thematik.

>> Thorsten Dambeck

Faszinierend, da veraltet

Carl du Prel
Die Planetenbewohner und die Nebularhypothese

Reprografischer Nachdruck
der Originalausgabe 1880
193 Seiten
20,–€

Bezugsquelle: www.dieter-von-reeken.de

Mögen Sie alte Bücher? Dann sind Sie vielleicht schon auf Dieter von Reeken aufmerksam geworden, der lang vergriffene Ausgaben neu auflegt. In diesem Werk aus dem Jahr 1880 versuchte Carl du Prel, Schlüsse auf die Eigenschaften und die Wahrnehmungsmöglichkeiten fremder Lebewesen zu ziehen. Außerdem übertrug er Darwins Erkenntnis über die Evolution (»survival of the fittest«) auf die Astronomie. So erklärte er zum Beispiel die heute existierenden Planetenbahnen damit, dass die Körper auf schlechter angepassten Bahnen durch natürliche Auslese (in diesem Fall: Kollisionen) von allein verschwinden würden – eine ungewöhnliche Sichtweise für tote Materie.

Doch auch wenn du Prel mit seinen Thesen schon damals viel Kritik erntete, sind einige seiner Denkansätze heute noch interessant. Die gestelzte Sprache strengt beim Lesen zwar etwas an, die Ausführungen sind aber logisch und gut nachvollziehbar. Allein: Viele Theorien, auf die sich du Prel stützt, sind heute zu Recht vergessen, da sie auf falschen Interpretationen der Beobachtungen beruhen.

Immerhin entstand der Text, als die Äthertheorie aktuell war und weder Quantentheorie noch moderne Genetik zu erahnen waren. Der Reiz beim Lesen dieses Bands liegt daher vor allem in der Erkenntnis, wie sehr sich unser Wissen in den letzten 125 Jahren weiterentwickelt hat. Manche heute völlig vergessene Theorie gibt zum Schmunzeln Anlass. Freunden von Wissenschaftsgeschichte kann ich das Buch empfehlen.

>> Alexander Kerste

Gerhard Börner
Schöpfung ohne Schöpfer?
Das Wunder des Universums

DVA, München 2006
232 Seiten
ISBN 3-421-05909-8
19,90 €

Auf der Suche nach Gott

Lässt die moderne Wissenschaft noch Platz für einen Gott? Der Astrophysiker Gerhard Börner versucht sich in seinem Buch »Schöpfung ohne Schöpfer?« an dieser Frage.

Im ersten Teil präsentiert er dem Leser einen Überblick über den aktuellen Stand der Naturwissenschaften und zeigt ihre derzeitigen Grenzen auf. Er widmet sich hier vor allem der Kosmologie und der Quantenphysik – also dem sehr Großen und dem sehr Kleinen. Das sind zwei der drei großen Herausforderungen der modernen Forschung. Die dritte Herausforderung ist das sehr Komplexe, also etwa die Struktur biologischer Organismen.

Börners wissenschaftliche Ausführungen sind anspruchsvoll und erfordern viel Vorwissen. Wenn er die Physik Schwarzer Löcher im Schnelldurchgang behandelt oder das Inflationsmodell umreißt, bleiben physikalische Laien schnell auf der Strecke. Für viele Interessierte dürfte dieser Abschnitt als kompakter Abriss über die Grenzen heutigen physikalischen Wissens aber wertvoll sein.

Anschließend widmet sich der Autor der großen Frage, ob diese Erkenntnisse noch Platz für einen göttlichen Erschaffer lassen. Mit anderen Worten: Kann man von der Naturwissenschaft überzeugt und zugleich gläubig sein?

Mich hat dieser Teil des Werks nicht völlig überzeugt. Es fiel mir schwer zu erkennen, worauf Börner eigentlich hinaus will.

Offensichtlich möchte er ausdrücken, dass der naturwissenschaftliche Kenntnisstand einen transzendenten Schöpfer nicht ausschließt – dass man also auch als Wissenschaftler an Gott glauben kann. Das allein ist keine besonders gewagte These: Niemand kann das ernsthaft bestreiten.

Rätselhaft bleibt, warum er seinen eigenen Standpunkt in dieser Sache nur verschwommen darstellt. Glaubt er persönlich nun an einen Schöpfer oder nicht? Die Antwort darauf kann man als Leser lediglich erahnen.

Zudem lässt Börners Argumentation viele Fragen offen. So befasst er sich im Hinblick auf religiöse Schöpfungsberichte ausschließlich mit der biblischen Genesis, als gäbe es nur sie. Was ist mit den zahllosen anderen Schöpfungsmythen: dem neuseeländischen Io-Mythos, der indischen Vishnu-Legende, den indianischen Überlieferungen, den nordischen Sagen oder der griechischen Mythologie, um nur einige zu nennen? Aus welchem vernünftigen Grund sollte die Genesis unter diesen eine Exklusivstellung einnehmen? Und was ist mit den unzähligen Widersprüchen, die diese Mythen in sich und untereinander aufweisen?

Seltsam wirkt auch Börners Behauptung, wir hätten die evolutionäre Selektion »doch mehr oder weniger hinter uns gelassen«. Biologen werden auf diese Aussage mit einem gehörigen Schuss Skepsis reagieren.

Alles in allem ist »Schöpfung ohne Schöpfer?« ein Buch, das viel verspricht und leider nicht alles hält. Im wissenschaftlichen Teil hat es mich überzeugt. Doch die anschließende metaphysische Diskussion besitzt aus meiner Sicht zu wenig Substanz und Klarheit.

>> Frank Schubert

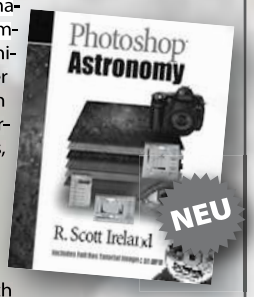
Atlas der Messier-Objekte

Eine gelungene Mischung aus Beobachtungshilfe und Bildband. Das großzügige Format und die aufwändige optische Gestaltung machen die Lektüre zu einem echten Genuss! Eine derartig umfangreiche und vollständige Darstellung zu den Messier-Objekten hat es bisher in deutscher Sprache noch nicht gegeben. Die Beschreibung zu den Objekten gliedern sich in die Abschnitte Historie, Astrophysik und Beobachtung. Gleichgültig ob das Interesse eher historisch, theoretisch oder praktisch ausgerichtet ist, kommt jeder mit diesem Buch auf seine Kosten.

€ 59⁹⁰

Photoshop Astronomy

Der Autor arbeitet seit fast 10 Jahren mit Photoshop, um seine Astrofotos zu bearbeiten. Die dabei gemachten Erfahrungen hat er in diesem speziell auf die Bedürfnisse des Amateurastronomen zugeschnittenen Buch gesammelt. Die behandelten Themen sind unter anderem: die technische Ausstattung, Farbmanagement, Histogramme, Maskierungstechniken, Addition mehrerer Bilder, Korrektur von Vignettierungen, korrektur von Farbhalos, Deformationen oder überbelichteten Sternen, LRGB und vieles mehr. Auf der beigefügten DVD befinden sich alle im Buch besprochenen und verwendeten Beispielbilder.



€ 39⁹⁰

Astronomik UHC-E

Diese neue Variante des UHC-Filters ist eine günstige Ergänzung unseres Angebotes. Gegenüber dem Profi UHC-Filter ist die Halbwertsbreite etwas größer, die Transmission etwas geringer (typisch 94% gegen 98%). Dadurch liefert etwas weniger kontrastreiche Bilder an größeren Fernrohren. Durch seine Eigenschaften können wir den UHC-E-Filter als preiswerte Alternative für Geräte bis 15cm Öffnung empfehlen.

ab € 65⁰⁰

astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
www.astro-shop.com/ahoi

TV-PROGRAMM

Donnerstag, 22. Februar

Wunderbare Welt Schwarze Löcher – Materiefresser im All

Obwohl sie weder direkt sichtbar noch messbar sind, konnten die berüchtigten Schwarzen Löcher relativ gut erforscht werden. So entdeckten Astronomen zum Beispiel eine starke Strahlungsquelle im Sternbild Schwan, deren Röntgen- und Radioemission von einem Schwarzen Loch mit einem Durchmesser von mehreren Kilometern stammen. Der Dokumentarfilm gibt Einblick in den aktuellen Stand der Wissenschaft

ZDF, 3.50 Uhr

ZDF / TELE IMAGES INTERNATIONAL

Samstag, 24. Februar

Columbia – Count-down einer Katastrophe

Am 1. Februar 2003 bereiten sich die sieben Astronauten der Raumfähre Columbia auf den Wiedereintritt in die Erdatmosphäre vor. Mit 22-facher Schallgeschwindigkeit fliegt der Spaceshuttle in Richtung Cape Canaveral. Kurz darauf die Katastrophe: Gegen 9.00 Uhr Ortszeit bricht die Columbia über Texas auseinander

N24, 18.05 Uhr

Samstag, 3. März

3sat-Thementag: Mondsüchtig

Mit fünf Filmen und Dokumentationen steht der Fernsehnachmittag ganz im Zeichen des Erdtrabanten. War der Mensch auf dem Mond? Werden wir wieder dorthin gehen? Welchen Einfluss hat unser Begleiter auf das Leben auf dem Blauen Planeten? Das sind nur einige der Fragen, denen die Sendungen am Nachmittag und am frühen Abend nachgehen

3sat, 14.15 Uhr: Planet Wissen – Rückkehr zum Mond

15.15 Uhr: Mondzauber

16.00 Uhr: Der Wettlauf zum Mond

16.45 Uhr: Kubrick, Nixon und der Mann im Mond

20.15 Uhr: Die Macht des Mondes

Montag, 5. März

Die Weltraumtouristen

Im Jahr 2001 gründete der britische Unternehmer Richard Branson die Firma Virgin Galactic, um Touristen in den Weltraum zu befördern. Bis heute haben sich schon 60 000 Menschen auf eine Warteliste setzen lassen, um ihren Traum von einem Flug ins All zu verwirklichen. Rein technisch ist es schon heute machbar, zahlungskräftigen Kunden den Besuch im Orbit zu ermöglichen – bald auch für einen Aufenthalt in einem Weltraumhotel?

Arte, 19.00 Uhr

Wdh. am 10. 3. um 18.10 Uhr und am 12. 3. um 16.50 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

EVENTS

3. 3. Zur Mondfinsternis finden in Wien Sonderveranstaltungen im Planetarium und an den beiden Sternwarten statt.
Ort: Planetarium Wien, Oswald-Thomas-Platz 1, 1020 Wien
Zeit: 19.30–21.30 Uhr
www.planetarium-wien.at
Ort: Urania Sternwarte, Urania-Straße 1, 1010 Wien
Zeit: 22.00–2.30 Uhr
www.urania-sternwarte.at
Ort: Kuffner-Sternwarte, Johann-Staud-Straße 10, 1160 Wien
Zeit: 17.00–18.30 und ab 20.00 Uhr
www. kuffner.ac.at
www.kuffner-sternwarte.at

3. 3. Roter Mond über Heilbronn. Nur bei klarem Himmel hat die Heilbronner Sternwarte geöffnet, um Ihnen die Beobachtung der Mondfinsternis zu ermöglichen.
Zeit: 20.00–1.00 Uhr
Ort: Robert-Mayer-Sternwarte, Bismarckstraße 10, 74072 Heilbronn
Tel.: 07131 81299
www.sternwarte.org

23.–25. 3. 26. AKM Frühjahrsseminar, gemeinsame Veranstaltung des Arbeitskreises Meteore e. V. (VdS-Fachgruppe »Meteore«) und der VdS-Fachgruppe »Atmosphärische Erscheinungen«. Unter anderem sind zwei Vorträge und eine Exkursion (voraussichtlich zur Sternwarte Melle) geplant.
Anmeldung: Ina Rendtel, Mehlbeerenweg 5, 14469 Potsdam, oder per E-Mail an: ina.rendtel@meteoros.de
Ort: Naturfreundehaus »Carl Schreck«, In den Tannen 63, 32584 Löhne-Gohfeld
www.meteoros.de/akm/seminar07.html

30. 3.–1. 4. Deep-Sky-Treffen 2007, gemeinsame Veranstaltung der VdS-Fachgruppen »Visuelle Deep-Sky-Beobachtung« und »Astrofotografie« für alle, die Erfahrungen austauschen und Kontakte knüpfen wollen. Die Teilnahme ist an ein, zwei oder allen drei Tagen möglich.
Ort: Hotel Sonnenblick, Bebra, Hessen
Info und Anmeldung:
www.fachgruppe-deepsky.de
E-Mail: dst@fachgruppe-deepsky.de

31. 3.–9. 4. 29. Astronomisches Abenteuer Camp AAC. Das AAC bietet jungen Amateurastronomen/innen und Astronomieinteressierten die Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch.
Ort: Mühle Wissel am Niederrhein
Veranstalter: Moerser Astronomische Organisation e. V.
Info und Anmeldung: Volker Heesen, Kreuzstr. 5, 44787 Bochum, Tel.: 0234 3224569 (Mo–Fr, 10.00–21.00 Uhr), Mobil: 0163 8045836
www.sternwarte-moers.de

Auch Ihr Termin kann hier kostenlos stehen! Für die April-Ausgabe schicken Sie spätestens bis zum 14. Februar 2007 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

PRIVATE KLEINANZEIGEN

mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können eine private Kleinanzeige mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,–€. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Rechnung oder dem Adressträgerblatt.

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise:

bis zu drei Zeilen: 22,–€, jede weitere Zeile: 5,–€

Die Veröffentlichung im Internet ist auch für Nichtabonnenten kostenlos.

Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer des jeweiligen Hefts.

Bitte geben Sie Ihre Kleinanzeige im Internet ein unter www.astronomie-heute.de/kleinanzeigen **oder senden Sie sie wie gewohnt an:**

Spektrum der Wissenschaft
Redaktion ASTRONOMIE HEUTE
Slevogtstr. 3–5, 69126 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist vier Wochen vor Erscheinen des Hefts.

Astroteleskop-Sammlungen für Liebhaber Die Geschichte der Amateur-Astrogeräte von Carl Zeiss Jena, für Museen, Sternwarten, Teleskop-Firmen und Liebhaber von höchster optischer u. handwerklicher Qualität mit Sinn für Geschichte. Einmalige Astroteleskop-Sammlung vom musealen Refraktor von 1910 bis zum Zeiss-Design von 1994, einschl. original Zubehör, komplett abzugeben. E-Mail: denk_jakob@web.de

Eschenbach Novalux 910 space Spiegelteleskop, 114 mm Öffnung, sehr wenig gebraucht, sehr gut erhalten, keine Mängel. Inkl. Zubehör: - Okulare 9 mm (101×), 25 mm (36×) - Barlowlinse (2×) - Mondfilter - Fotoadapter - Umkehrsystem für Beobachtungen auf der Erde - Suchfernrohr - sehr stabiles Aluminum Stativ - parallaktische Montierung mit komfortabler Nachführ-Mechanik. Preis: VB 300 Euro. E-Mail: TeleskopZuVerkaufen@gmx.net

Meade ETX 70AT mit kleinem Defekt, ca. zwei Jahre altes Teleskop. Beim Saubermachen wurde der Spiegel beschädigt, sodass nur noch der gerade Okular-Tubus (f. Kameras oder Okulare m. Umkehr-Prisma) funktioniert. Bastler könnten den Spiegel bestimmt ausbauen u. ersetzen. Rest ist funktionsfähig, mit Barlowlinse 1¼ Zoll, Meade Okularen 9 und 25 mm, Anleitung, Stativ mit Tasche und Autostar Computer. Preis: Bestes Angebot. Kein Versand, nur Abholung, PLZ-Gebiet 91126, E-Mail: edegen@gmx.de

Ciel et Espace (französische Astronomiezeitschrift) 1994 7Hefte (H); 1995 7H; 1996 9H;1997 10H; 1998 7H; 1999 5H; 2000 4H; 2001 11H; 2002 12H, pro Heft 0,50 Euro + Versand, nur Jahrgangsweise. Volker Orlovius, Tel. 07802 705070, E-Mail: v.orlovius@t-online.de

Abbe-Okulare & Säule. Okulare von Carl Zeiss Jena, neuwertig: 1.) A - 10 mm je 495 Euro 2.) A - 16 mm je 495 Euro 3.) A - 25 mm je 520 Euro (Okulare sind paarweise vorhanden).
Zeiss-Gußstahlsäule mit Zapfen für Ib-Montierung in schwerer Ausführung (70 kg) in blau, neuwertig, Preis: 700 Euro. Tel. 02352 31752, E-Mail: Elmar.Remmert@t-online.de

Meade LX90 8-Zoll-UHTC-Teleskop. Im Oktober 2004 gekauft, wurde nur zirka 4- bis 5-mal vom Balkon aus gebraucht. Das Teleskop funktioniert einwandfrei & hat eine beeindruckende Optik, ich verkaufe es weil ich zu wenig Zeit finde, mich mit der Astronomie zu beschäftigen. Topzustand, keine Gebrauchspuren. Umfang: Tubus mit Gabelmontierung, 8×50-Sucher, stabiles Dreibeinstativ, Autostar Controller & Kabel, 26-mm-Meade-Okular, Handbuch, OV. Preis: 2050 CHF. Walder, +41 77 4203642, static1@gmx.net

Vixen Shuttle Scope 80S. Zweilinsiger Fraunhofer Achromat in Topzustand. Optischer Tubus mit Dreh- /Schiebefokussierer, erlaubt eine schnelle Einstellung von Unendlich bis 3 Meter. 1¼-Zoll-Okularklemme. Öffnung: 80 mm, Brennweite: 480 mm, Gewicht: 1,9 Kg, NP 660 Euro. In sehr gutem Zustand, mit minimalen Gebrauchsspuren am Tubus, Optik einwandfrei. Zubehör: original Transporttasche, Adapter von 36,4 mm auf T2 (NP 17 Euro). Nur sehr selten gebraucht, hauptsächlich visuell. Sehr schön für den mobilen Einsatz und als Reisegerät. olaf@brozio.de

Televue 2-Zoll-Zenitspiegel inkl. Reduzierung 1¼ Zoll von meinem Televue Pronto. An der 2-Zoll-Steckhülse sind normale Klemmspuren. Der Spiegel wurde von mir nie geputzt und ist einem sehr guten Zustand. Spiegel aus Pyrex, 96% Verspiegelung. Gehäuse aus einem Alublock gefertigt und mattschwarz eloxiert, Einsteckhülse mit 48 mm Filtergewinde. NP Zenitspiegel + Reduzierung ca. 255 Euro. Angebot bitte per E-Mail: olaf@brozio.de >

ASTRONOMIE HEUTE

PRÄMIERTES WISSEN

Gewinnen Sie einen neuen Leser für ein Jahresabonnement von ASTRONOMIE HEUTE – und sichern Sie sich eine attraktive Dankesprämie nach Ihrer Wahl!

512 MB USB 2.0 Stick

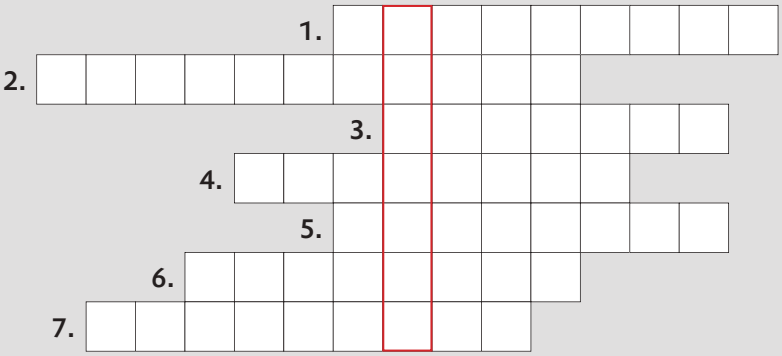
Universalgutschein BestChoice über 30 €, einlösbar bei bis zu hundert Anbietern. Umtausch gegen Bargeld ist ausgeschlossen.

Das Buch »Vom Regenbogen zum Polarlicht« erklärt die faszinierenden Leuchterscheinungen in der Atmosphäre klar und verständlich.

Jahresabo **spektrumdirekt.** Die tägliche Wissenschaftszeitung im Internet mit über 16 000 Archivartikeln und vielen Links

Bestellen können Sie mit dem Beihefter, unter der Verlagsadresse, per Telefon: 06221 9126-743, per Fax: 06221 9126-751 oder unter:
www.astronomie-heute.de/abo

Gewinnen Sie ein Baader-Okular-Set mit ASTRONOMIE HEUTE! Teil 3



1. Andere Bezeichnung für das aschgraue Mondlicht
2. Deutscher Name eines Planetarischen Nebels im Sternbild Zwillinge (NGC 2392)
3. Unscheinbares Sternbild zwischen dem Großen Bären und Kassiopeia
4. Vorname der ersten Weltraumtouristin
5. Welcher Sternhaufen (Eigenname) ist auf der ersten realistischen Darstellung des Himmels vertreten?
6. Astronom am Siding Spring Observatory (Nachname), unter anderem Entdecker mehrerer Kometen
7. Fachbegriff für ein in sich kollabiertes Objekt, meist Auslöser für eine Supernova oder einen Gammastrahlungsausbruch

1. Preis: »Verborgene Universen« – Eine Reise in den extradimensionalen Raum, der Bestseller von Lisa Randall. Gebunden, 549 Seiten mit 90 Abbildungen. Verlag S. Fischer (www.fischer-verlage.de), Frankfurt 2006. Wert: 19,90 €

2.–4. Preis: »Der Webstuhl der Zeit« – warum es die Welt gibt. Peter Eisenhardt legt verständlich und informativ die außergewöhnlichen Ergebnisse und Probleme der Quantenkosmologen dar, zeigt, wie sie sich in philosophischen Labyrinthen verirren und doch manchmal einen verblüffenden Ausweg finden. Rowohlt-Taschenbuch (www.rororo.de). Wert: 12,90 €

Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 3/2007, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg. Verwenden Sie nicht das Leserbriefformular auf der Webseite! Einsendeschluss ist der 8. 2. 2007. Dritter Teil einer vierteiligen Rätselreihe. Das Lösungswort dieses Teils wird nachfolgend für das Lösen des Superrätsels um den Hauptpreis (»Baader-Okular-Set«) benötigt. Unter den Einsendern der Einzellösung werden weitere Sachpreise gezogen, siehe oben rechts. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der Ausgabe Mai 2007, im Handel ab Donnerstag, dem 12. April 2007.

Hauptpreis des Superrätsels: »Baader-Okular-Set«

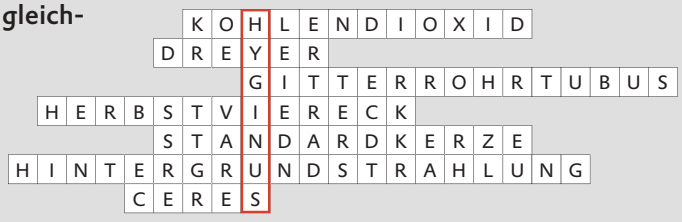
Hyperion-Reihe, www.baader-planetarium.de/hyperion/anleitung.htm

Die Hyperion-Okulare sind weltweit die einzigen, von denen Sie wahlweise 1¼- oder Zwei-Zoll-Filter am beziehungsweise im Okular anbringen können! Dadurch können Sie unter Umständen sogar die Brennweite variieren. Das Set aus sechs Okularen der Brennweiten 21, 17, 13, 8, 5 und 3,5 Millimeter wird unter den richtigen Einsendungen des Superrätsels mit den jeweiligen Lösungsworten aus den Einzelrätseln der Ausgaben Dezember 2006, Januar/Februar, März und April 2007 verlost.

Wert: 699 €

Lösung des Preisrätsels im Dezember-Heft:

LÖSUNG: HYGINUS – Krater auf dem Mond, bei dem die gleichnamige Rille einen Knick aufweist



Gewinner des Dezember-Rätsels: Alexander Scholz, Duisburg (Space-World-Panoramakalender); Frank Lorenz, Reinshagen; Rüdiger Artelt, Fürfeld; Stefan Kühner, Renchen-Ulm; Peter Gisder, Bindlach (je ein »HIMMEL 2007«)

2. Internationale Astronomie-Messe AME2007

Erneut mit zahlreichen Ausstellern aus dem In- und Ausland und einem attraktiven Rahmenprogramm.

Wann? 22. September 2007
Wo? 78054 VS-Schwenningen, Messegelände, 6000 kostenlose Parkplätze vor Ort.
Fragen? Tel.: 0741 2706210, E-Mail: info@astro-messe.de

www.astro-messe.de

SATTLEGGERs ALPENHOF EMBERGER ALM
Wo sonst? ASTRO- und FAMILIENURLAUB in allergenarmer* Umgebung!
Zwei gut ausgestattete Sternwarten (12" und 17,5") auf 1.800m Seehöhe, viel Platz und perfekter Sternhimmel erwarten Sie.
Sattleggers Alpenhof und Feriensternwarte
Emberger Alm 2, 9771 Berg/Drautal, Österreich
Tel.: +43/4712/796, Fax: +43/4712/796-6
www.alpsat.at, mail: office@alpsat.at
*) nähere Infos: www.allergiealpin.at
ITT (internat. Teleskoptreffen): 5.10. - 7.10.2007 Buchen Sie rechtzeitig!

Professionelles Digitalkameratuning
Teleskopreparaturen
www.optik-makario.de

INFORMATIONEN: Karin Schmidt, E-Mail: schmidt@spektrum.com

PRIVATE KLEINANZEIGEN (Fortsetzung)

Televue Qwick Point inkl. Halterung, neuwertig. Der rote Leuchtpunkt lässt sich in der Helligkeit verstellen und wird auf eine Glasscheibe projiziert. Der Sucher ist besonders für kleinere Teleskope bestens geeignet. Lieferumfang: Televue Qwik-Point-Peilsucher, Halterung, Helligkeitsregler, Batterie. E-Mail: olaf@brozio.de

T2 - 90 Grad Maxbright Zenitspiegel + Zubehör. Baader Zenitspiegel: 99% Reflektion für ein sehr helles Bild, insgesamt 140 Vergütungsschichten, Spiegelträger ist Sitall mit 0 Ausdehnungswert – vergleichbar mit Zerodur. 1/10 Lambda Oberflächengüte, dielektrisch vergütet für eine lebenslange Haltbarkeit. Inkl. Zubehör: Baader Steckanschluss 1¼-Zoll-a/T-2a mit Sicherungsnut. Steckhülse, fokusseitig mit T-2 Außengewinde, fernrohrseitig mit 1¼-Zoll-Außendurchmesser, inkl. Filtergewinde M 28,5 für alle 1¼-Farb- und Nebelfilter. Am Gehäuse gibt es einen Minikratzer an der Unterseite, sonst ist das Teil völlig neuwertig und wurde sehr pfleglich behandelt. NP 216 Euro, bitte Angebote per E-Mail: olaf@brozio.de

»Atlas Stellarum« Nord- u. Südteil. Fotografischer Sternatlas bis 14,5 Mag. von Hans Vehrenberg, erschienen 1970. Nord- und Südhimmel komplett in drei Bänden mit noch eingeschweißten Gradnetzschablonen, Umrechnungstabellen und Begleitheft. Alles neu und unbenutzt, inzwischen schon antiquarisch, für149,– Euro. 0661 41924, rstreit@arcor.de

Meade Newton-Spiegelteleskop Nr. 1266; freie Öffnung 317,5 mm, Brennweite 1905 mm, Öffnungsverhältnis 1:6, zeigt Sterne bis 15. Größe, trennt Doppelsterne mit 0,37 Bogensekunden Abstand, 334% Zugewinn an Licht gegenüber 6 Zoll. Gewicht: 118 kg, 476× Vergrößerung mit 4-mm-Okular. Das Teleskop ist kaum gebraucht und steht seit längerem im Keller. Neupreis lag damals bei ca. 25 000 DM. Yildiz, ek@loftphoto.de

Meade LX200 GPS 10 Zoll f/10 mit UHTC mit Stativ, Kaufdatum: 17.11. 2003, sehr gepflegt! Zubehör: Meade Netzteil 220V/12V #451 (f. ETX, LX10, LX90), Meade variables Polarisationsfiltersystem, Okularkoffer mit 10 Barlow Linsen. Neupreis: ca. 4.800,– Euro, VB: 3.600,– Euro, Barzahlung bei Abholung in D-85298 Scheyern. Jakob Dick, 0173 1633935, angelika.dick@gmx.de

21 Jahrgänge SuW (1977-1997). Jeder Jahrgang gebunden (inkl. Jahresinhaltsverzeichnis). Blaue Einbanddecken mit Golddruck auf dem Buchrücken (‚SuW 19xx'). Komplett abzugeben für 300,– Euro VB. aseifahr@eso.org

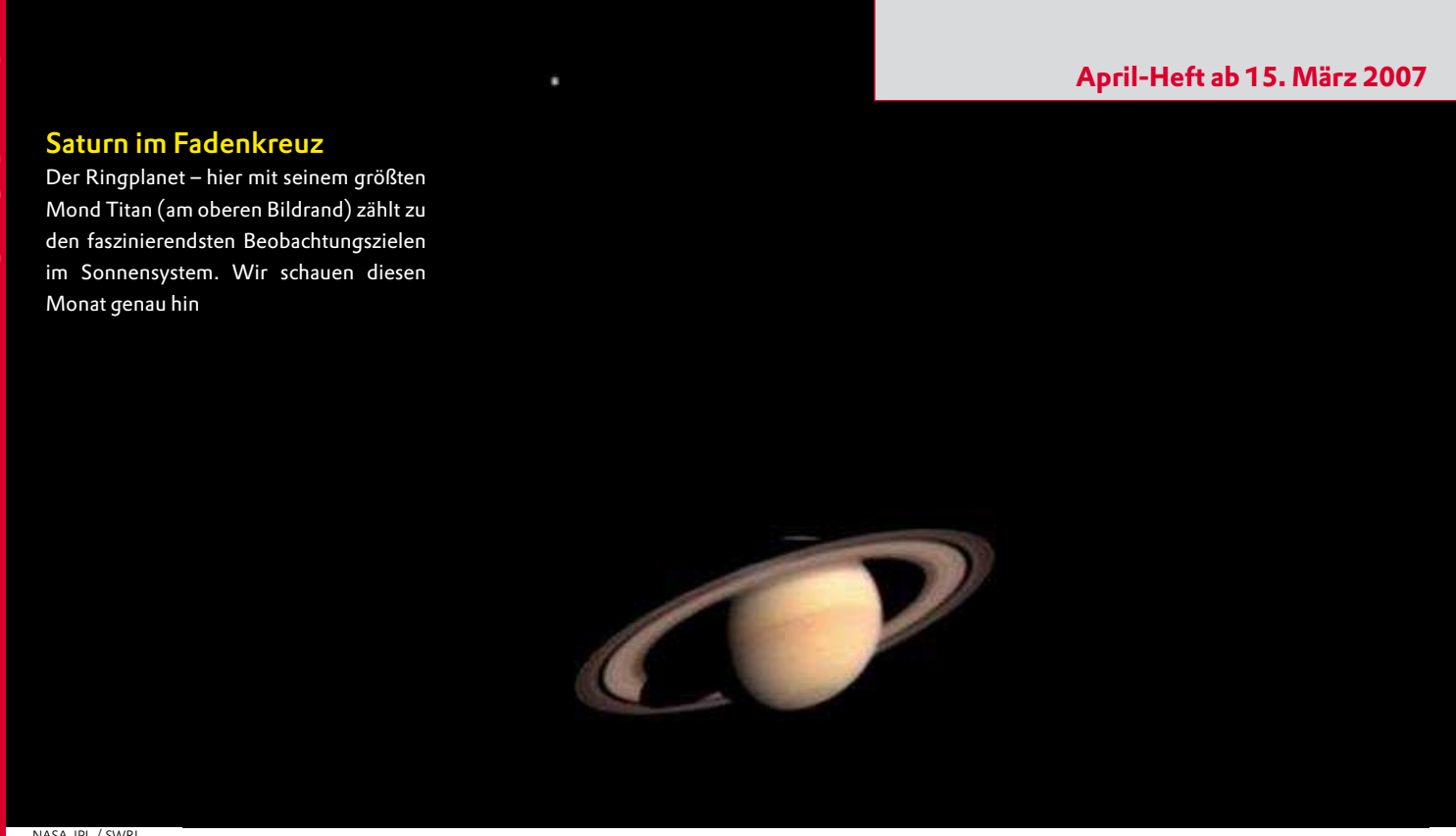
Coronado SM60 mit Blockfilter BF10, Kippfassung (T-max), Koffer und Rechnung von 9/2005. Alles in einwandfreiem Zustand, praktisch wie neu, Raum Köln/Bonn, 1950,– Euro. 02222 952170, lams@netcologne.de

Zeiss-Raritäten: APQ 130/1000-mm-Refraktor inkl. Fokussiertrieb M 80/68 und schwenkbarem 7,5×42-mm-Sucher, Eichenholzbehälter, Sonnenfilter SFO 130/168 und Abschlussdeckel M 68. Einmalige Zusammenstellung, neuwertig, mit Prüfprotokoll. Gegen Gebot. Meniscas MAK 180/1800 mm incl. 7,5×42-mm-Sucher, Abschlussdeckel S51, 2 Wechselringe S 51/M 68, Wechselring M 68/80 und Abschlussdeckel M 68, Holz-Aufbewahrungsbehälter. Alles neuwertig, mit Prüfprotokoll. Gegen Gebot: 02352 31752, Elmar.Remmert@t-online.de

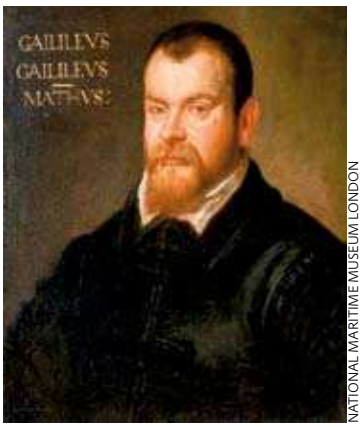
Meade 8-Zoll-Schmidt-Newton (neuwertig) LXD55 Montierung mit Stativ und Autostar. Zubehör: Alukoffer mit acht Meade Super Plössl Okularen, fünf Filtern und einer 2×-Barlow-Linse. Preis: 1000,– VB; möglichst an Selbstabholer. m.peplau@ish.de

Saturn im Fadenkreuz

Der Ringplanet – hier mit seinem größten Mond Titan (am oberen Bildrand) zählt zu den faszinierendsten Beobachtungszielen im Sonnensystem. Wir schauen diesen Monat genau hin



NASA, JPL / SWRI



NATIONAL MARITIME MUSEUM LONDON

Sterngucken mit Galilei

Er war der erste Astronom, der ein Teleskop zum Himmel richtete. Erleben Sie mit uns die Beobachtungen nach, die er im 17. Jahrhundert anstellte

ESA / EAC

Europas Astronauten

Thomas Reiter (oben, 2. v. l.) kennen Sie bestimmt. Besuchen Sie mit uns die Raumfahrerschmiede in Köln-Porz und unseren »Columbus-Mann« Hans Schlegel (oben, 3. v. r.)!

Der Unglückstag

Packt Sie das kalte Grausen, wenn Sie im April in den Kalender schauen? Woher kommt die Angst vor Freitag, dem 13.? Christian Pinter klärt uns auf – astronomisch, versteht sich

CHRISTIAN PINTER

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. Jakob Staude (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (Ltg., Chef vom Dienst), Stephan Fichtner
Ständige Mitarbeit: Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove, Claus Schäfer, Sibylle Franz, Anke Heinzelmann
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Mitarbeit an diesem Heft: Stephanie Hügler, Dr. Rainer Kayser, Alexander Kerste, Carolin Konermann, Dr. Monika Maintz, Maike Pollmann, Dr. Sven Titz, Ulrich Zehndbauer
Redaktionsassistenz: Britta Feuerstein
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-765, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: service@spektrum.com
Leserservice: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.com
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck

Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Objektleiter Astronomie: Stephan Fichtner
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, 69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Heidelberg, HRB 338114
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de
Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70).
Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, 63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 5 vom 1. Dezember 2006.
Gesamtherstellung: L.N. Schaffrath Druck Medien GmbH & Co. KG, 47608 Geldern

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2007 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: New Track Media LLC, 49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA; Publisher: Susan B. Lit; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.; VP of Marketing & Business Development: Marcy L. McCreary. Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.